

Rhumatologie du sport: Biomécanique & Analyse Fonctionnelle des contraintes en kiné du sport

Tendinopathies: Micro-Traumatismes et défauts de placement/
recentrage articulaire

CASIN Yohann

MK DE 2004 IFMK Rennes



- Masseur Kinésithérapeute du sport depuis 2004
- 16 saisons en équipes professionnelles de Basket dont 10 ans salarié à LDLC ASVEL Basket (2011/2021)
- Equipe de France de Basket masculine de 2009 à 2016
- Formateur indépendant (BE depuis 2006, IFMK 2014, Jury DE...)
 - Conférencier - Co-fondateur KLYF en 2018, président 2018/2020 -
- Kiné libéral Lyon Nord/Caluire & Associé Start Up REPLAY CH



Micro-Traumatismes des tendinopathies et défaut de placement/recentrage articulaire

Intro / Rappels: Force musculaire - Protection tendineuse/ effet Slack -Isométrie -
Biomécanique musculaire - Anatomie 3D Soléaire - Processus d'examen clinique

A/ Généralités du Tendon :

Anatomie -Définition d'une tendinopathie & 3 phases Continuum model

Principes Rééducation & Remise en charge

Diag différentiel & Confirmation de Diagnostic

B/ Remise en charge et contraintes des tissus Ex insertion d'ACHILLE
HANDBALLEUR

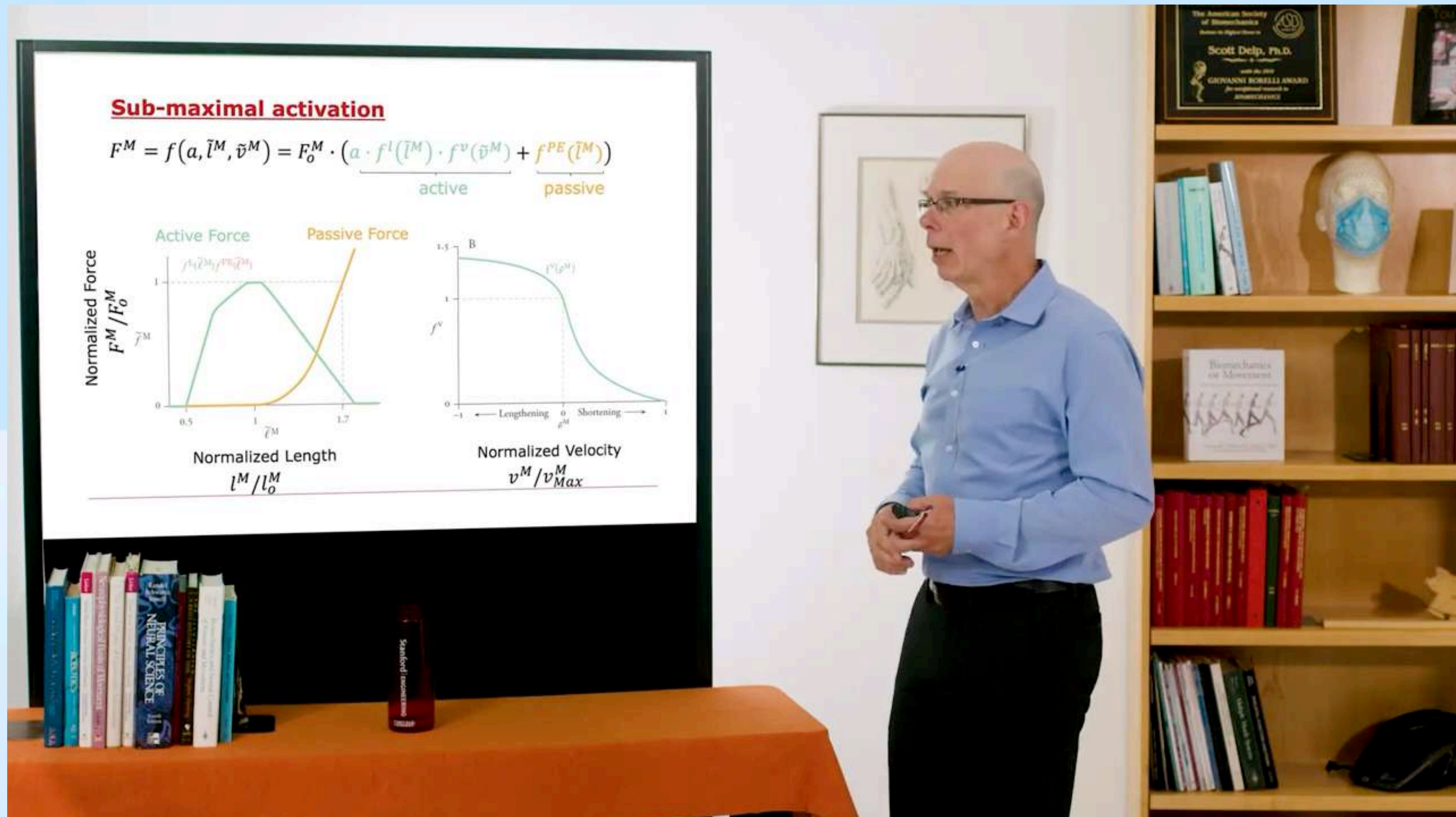
C/ Cas Clinique: tendinopathie patellaire

Intro / Rappels: Force musculaire - Protection tendineuse/ effet Slack -Isométrie -
Biomécanique musculaire - Anatomie 3D Soléaire - Processus d'examen clinique



Equation de la Force musculaire:

$$F^M = f(a, \bar{l}^M, \bar{v}^M) = F_o^M \cdot \underbrace{(a \cdot f^l(\bar{l}^M) \cdot f^v(\bar{v}^M))}_{\text{active}} + \underbrace{f^{PE}(\bar{l}^M)}_{\text{passive}}$$



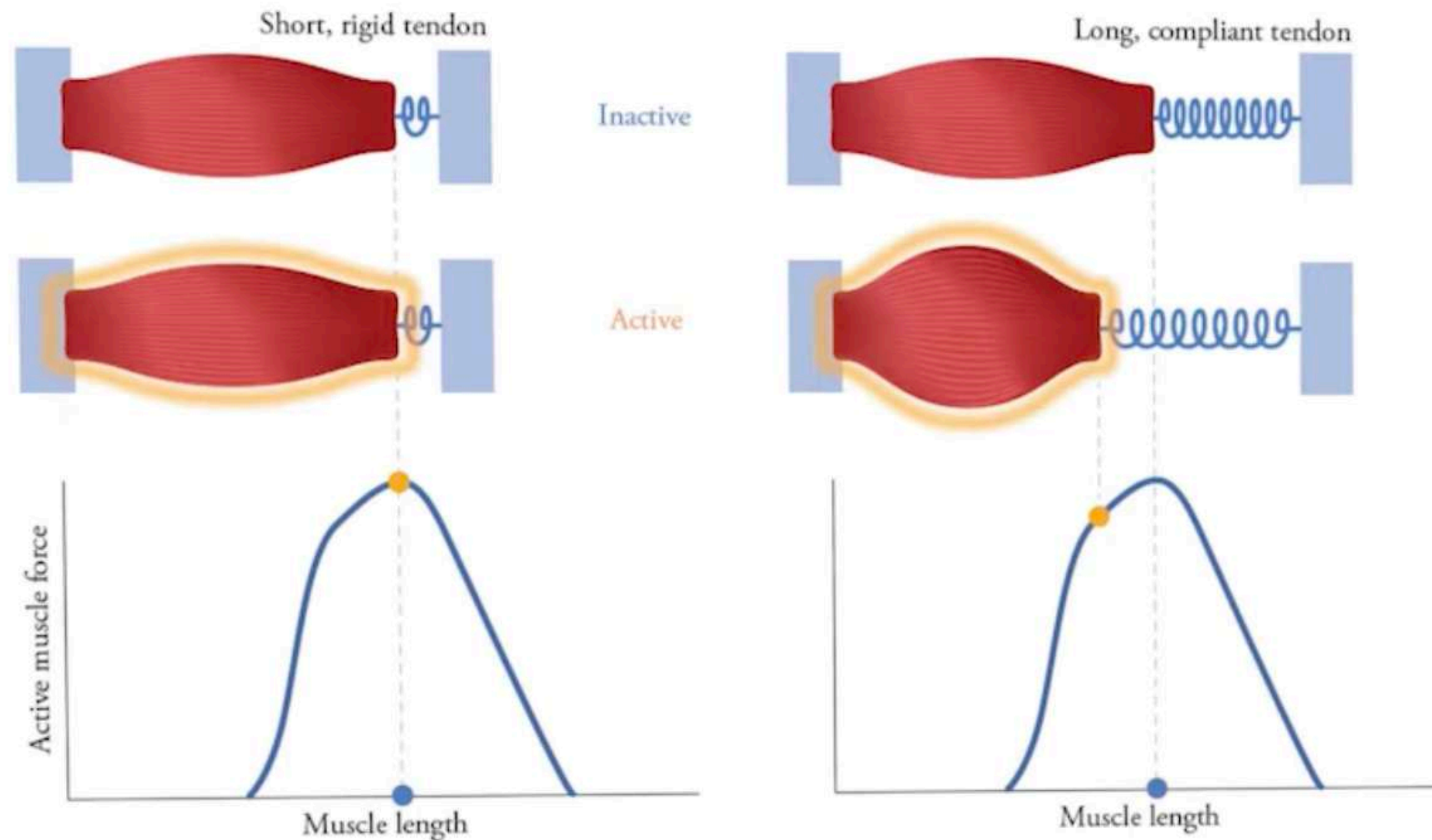
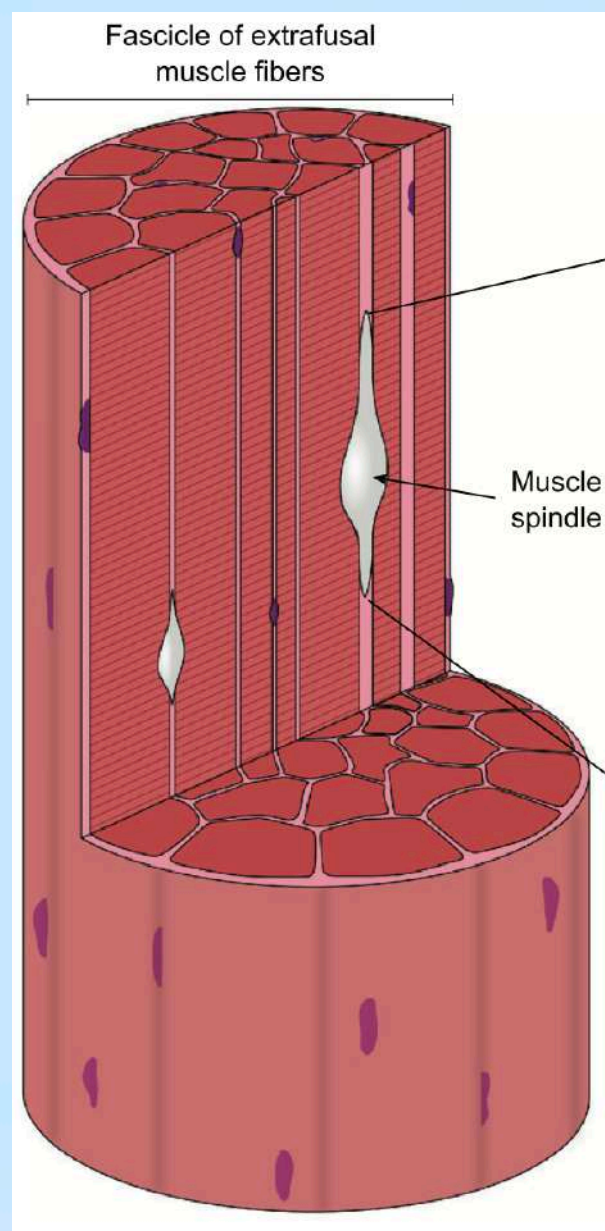
Professor Scott DELP Stanford University - Lecture 5: Muscle architecture and dynamics

<https://www.youtube.com/watch?v=-FSTsbr3XVQ>

F_o^M = Force musculaire isométrique = facteur

Activation musculaire/composante active = **protection tendineuse**

Fuseaux NM
Activation α/γ



Tendon compliance affects muscle fiber length

Professor Scott DELP Stanford University

= EFFET W EXCENTRIQUE
supra maximal des
composantes actives et passives

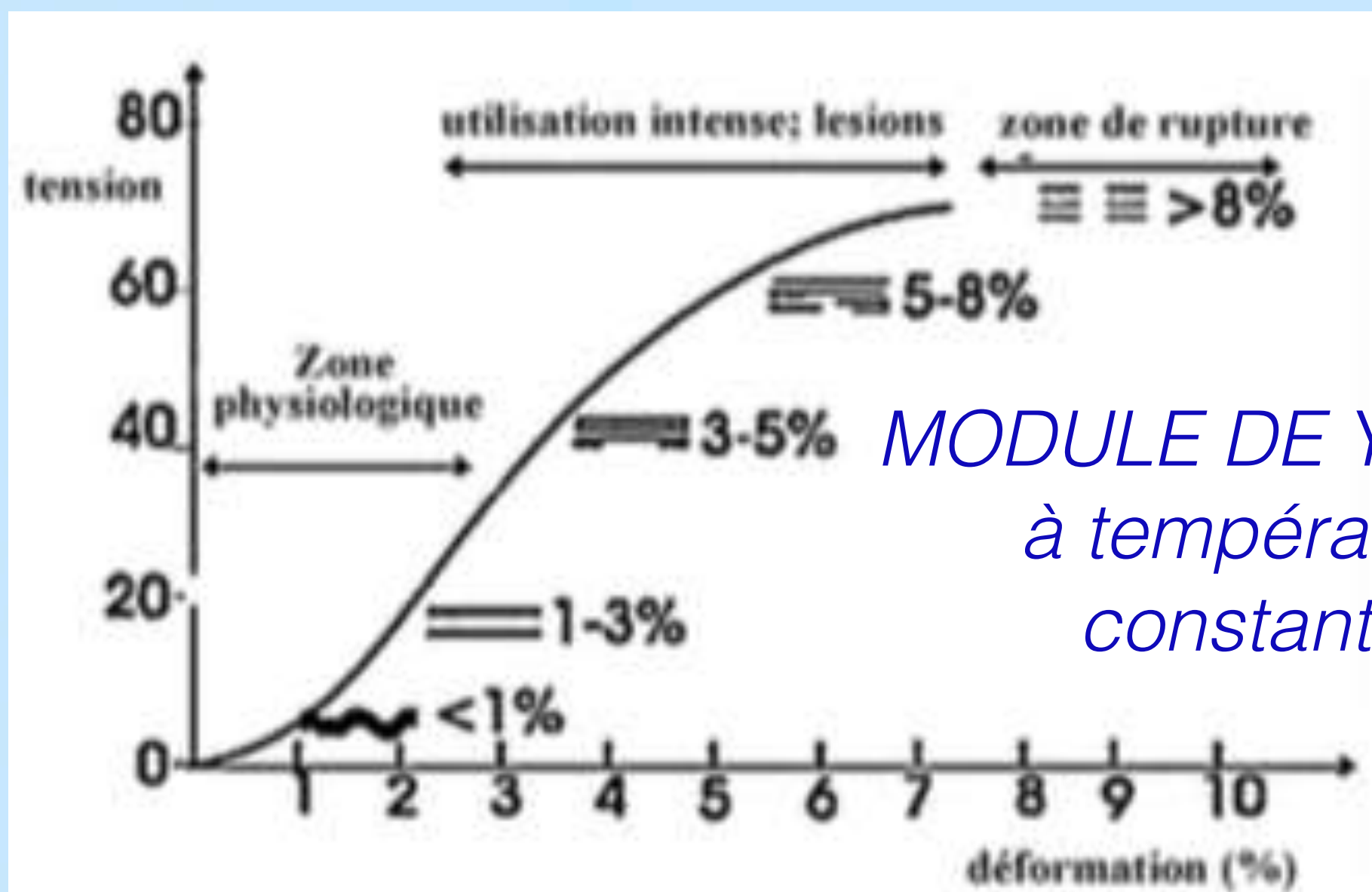
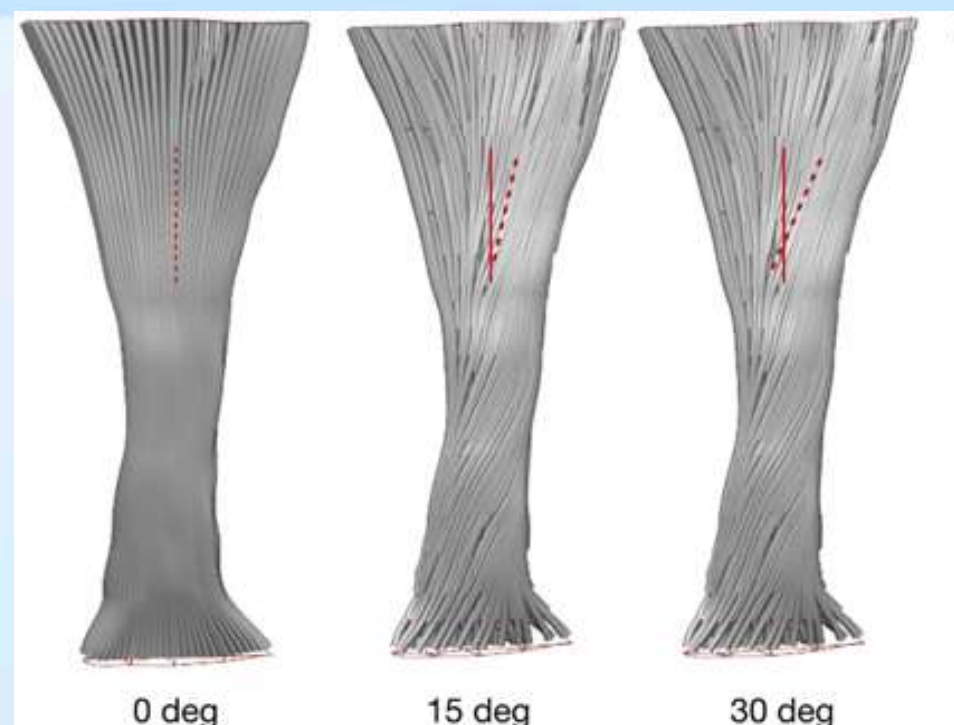


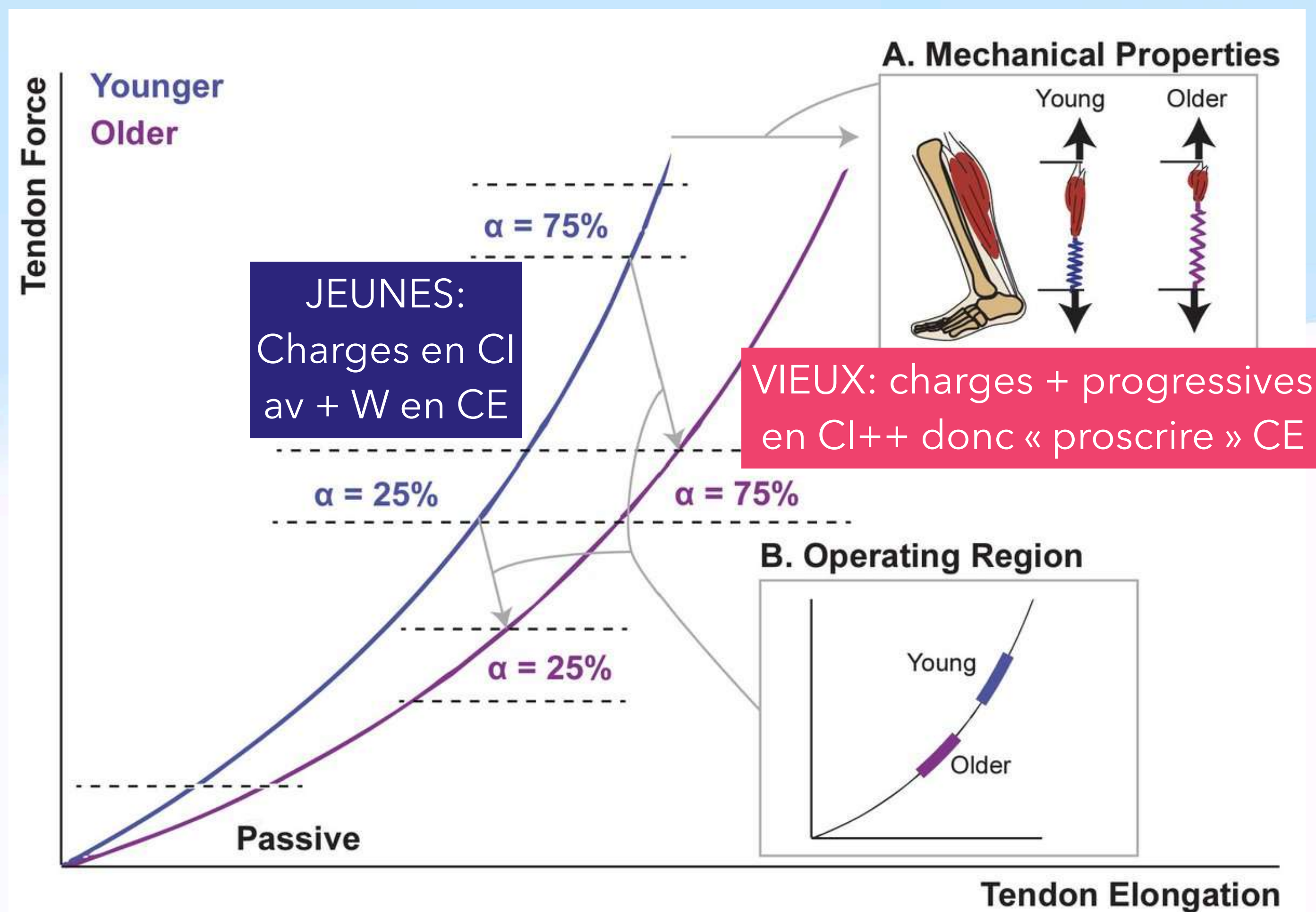
Fig. 2. Courbe stress contraintes, d'après Rees et al. [10].

MODULE DE YOUNG:
à température
constante!



BB = 48% des ruptures liées à l'activité sportive
30/45 ans
5 à 10 fois plus élevé chez Hommes vs Femmes

ALEGRE 2021 SURG J The achilles tendon rupture in basketball



Rees JD, Wilson AM, Wolman RL. Current concepts in the management of tendon disorders. Rheumatology (Oxford) 2006;45:508–21

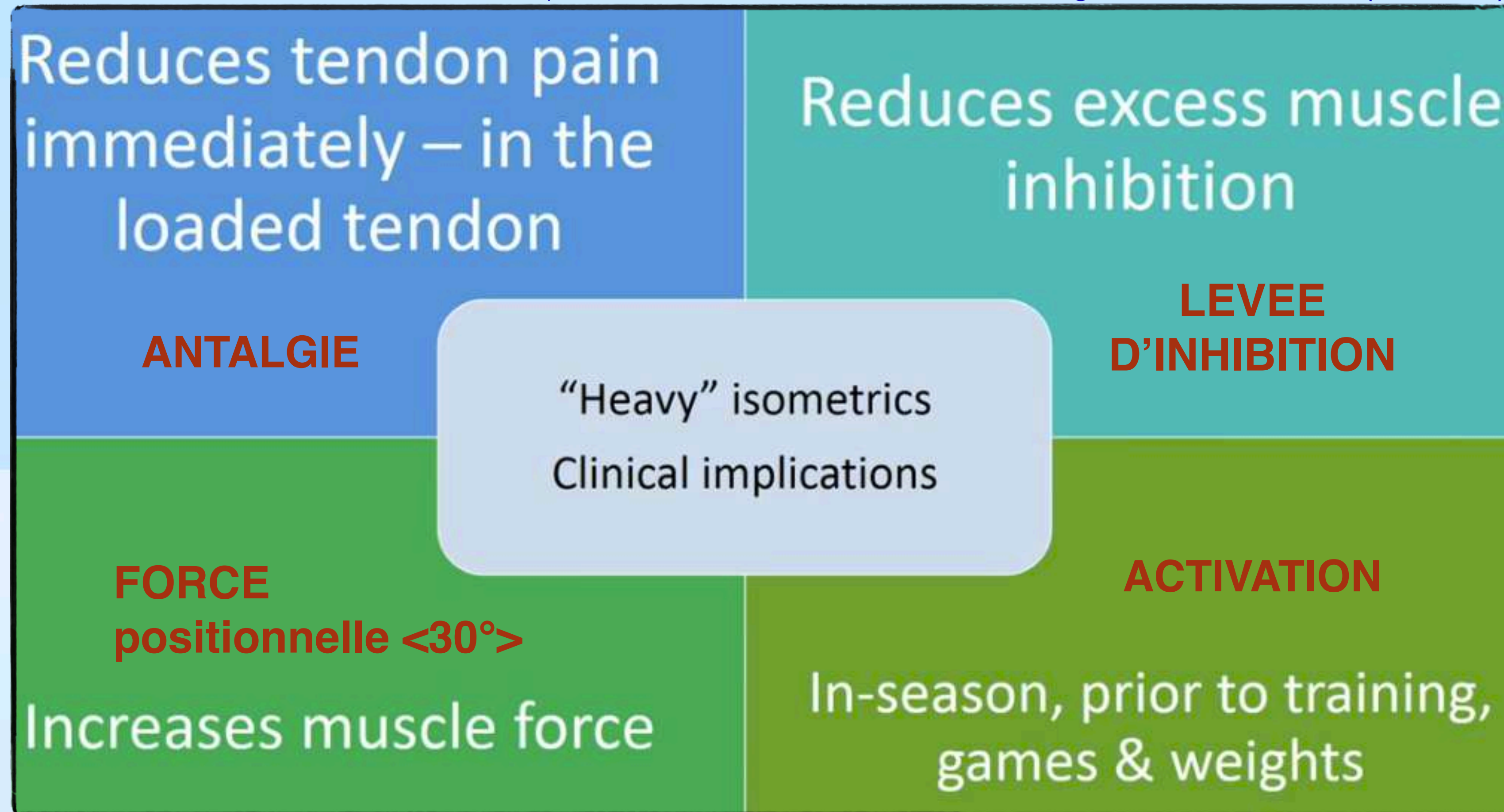
« differences in the operating region of those length-tension relations between younger and older adults »

EFFECT SLACK (Rope ou Corde)



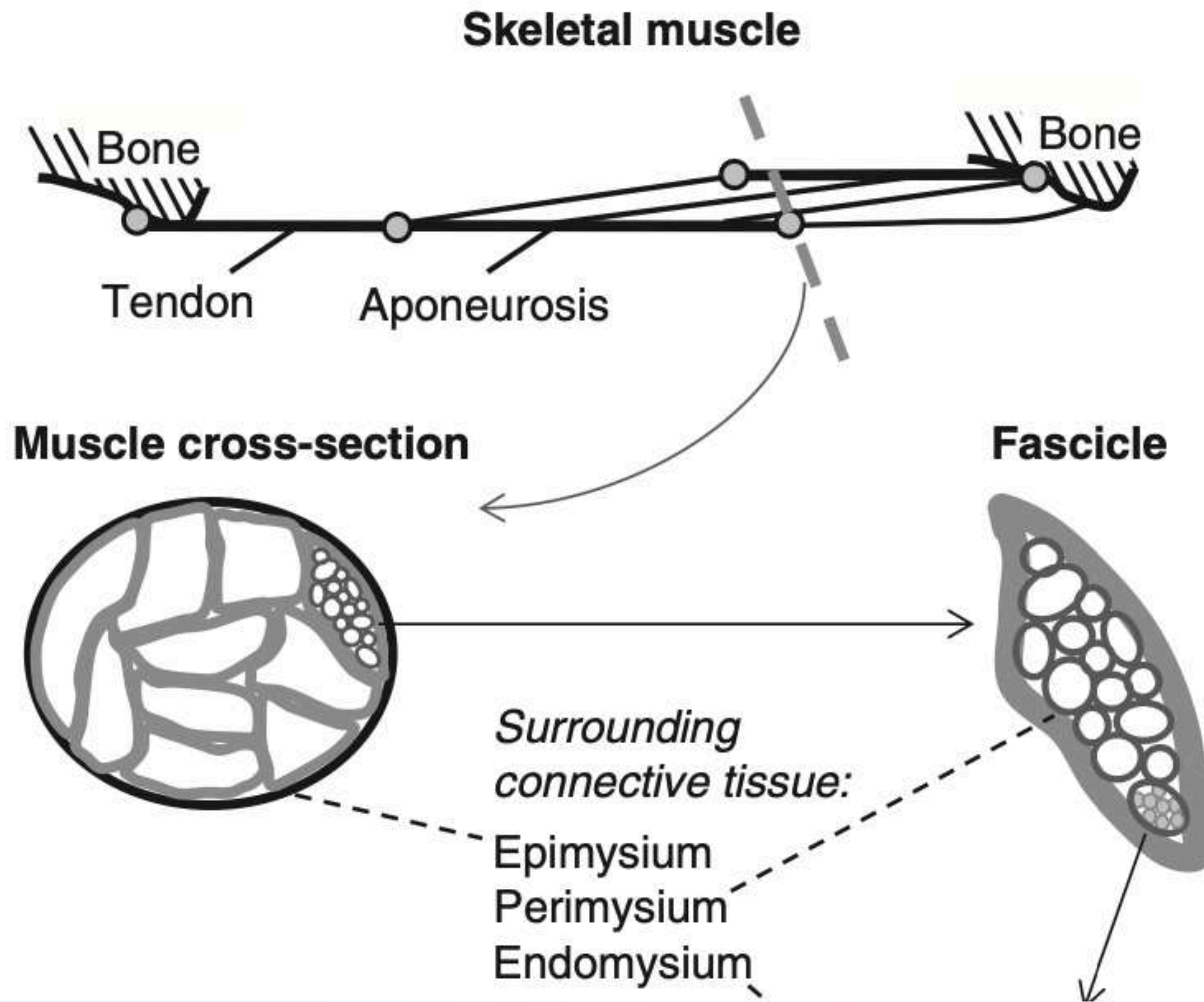
Initier par **l'ISOMETRIE**: favorable à cicatrisation tendineuse

RIO 2014, protocole Tendon Neuro Plastic Training basé sur l'isométrie (70%MVC)

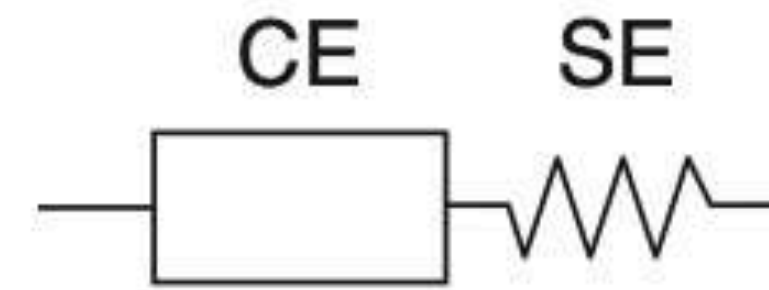


Autres Gains: en stabilité / contrôle articulaire (proprioception & recentrage actif) ; en amplitude active ; en stimulation neuro-végétative (effet hypotensif) ; en perte de poids...

Biomécanique musculaire 3D (=non linéaire)

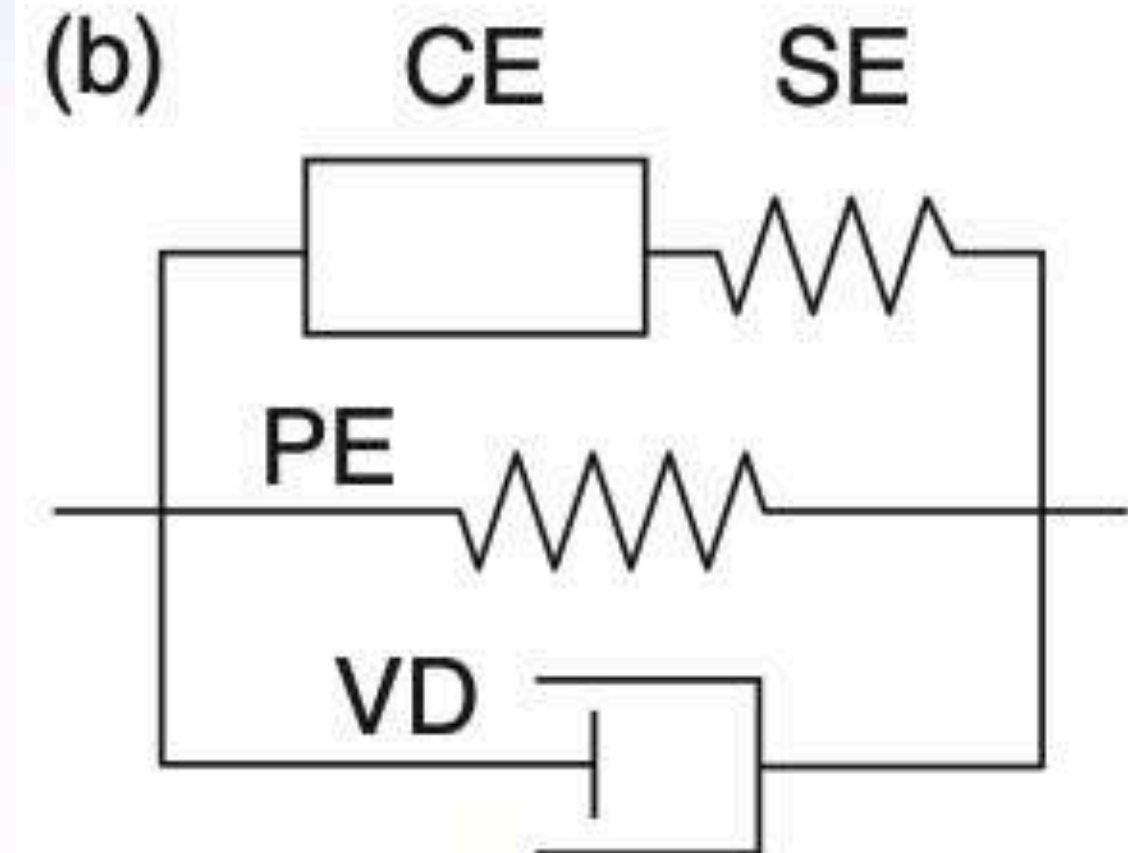


(a)

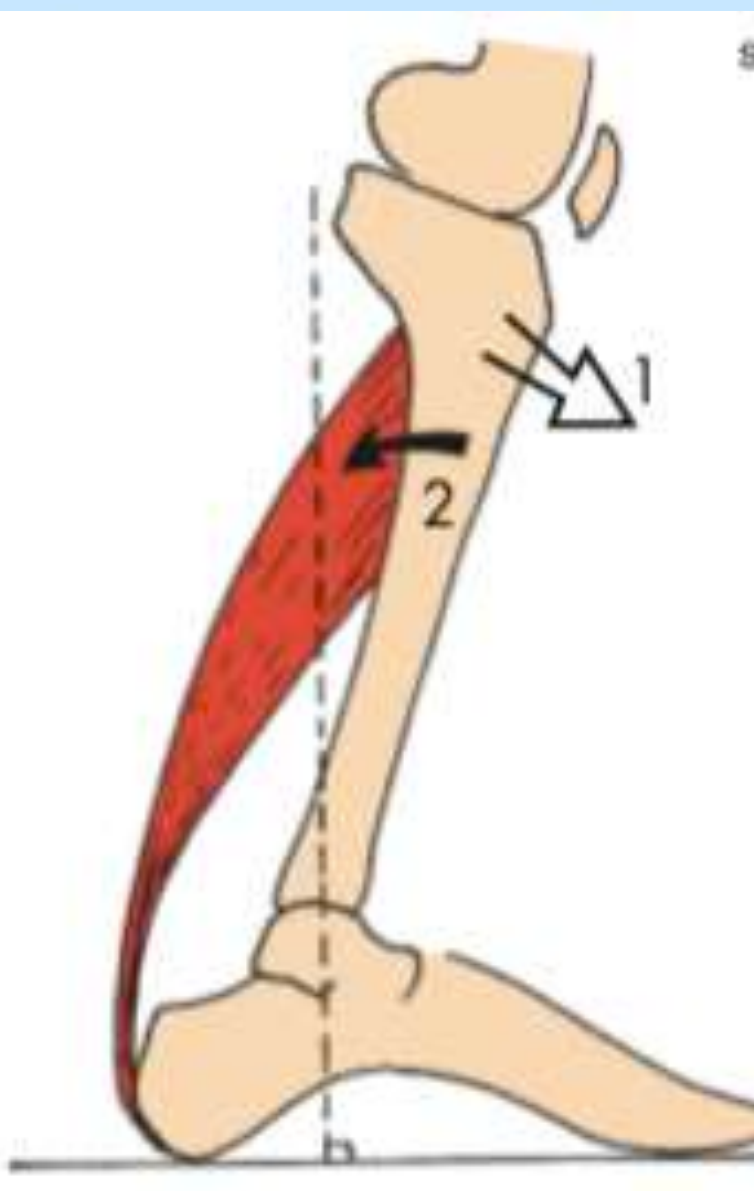
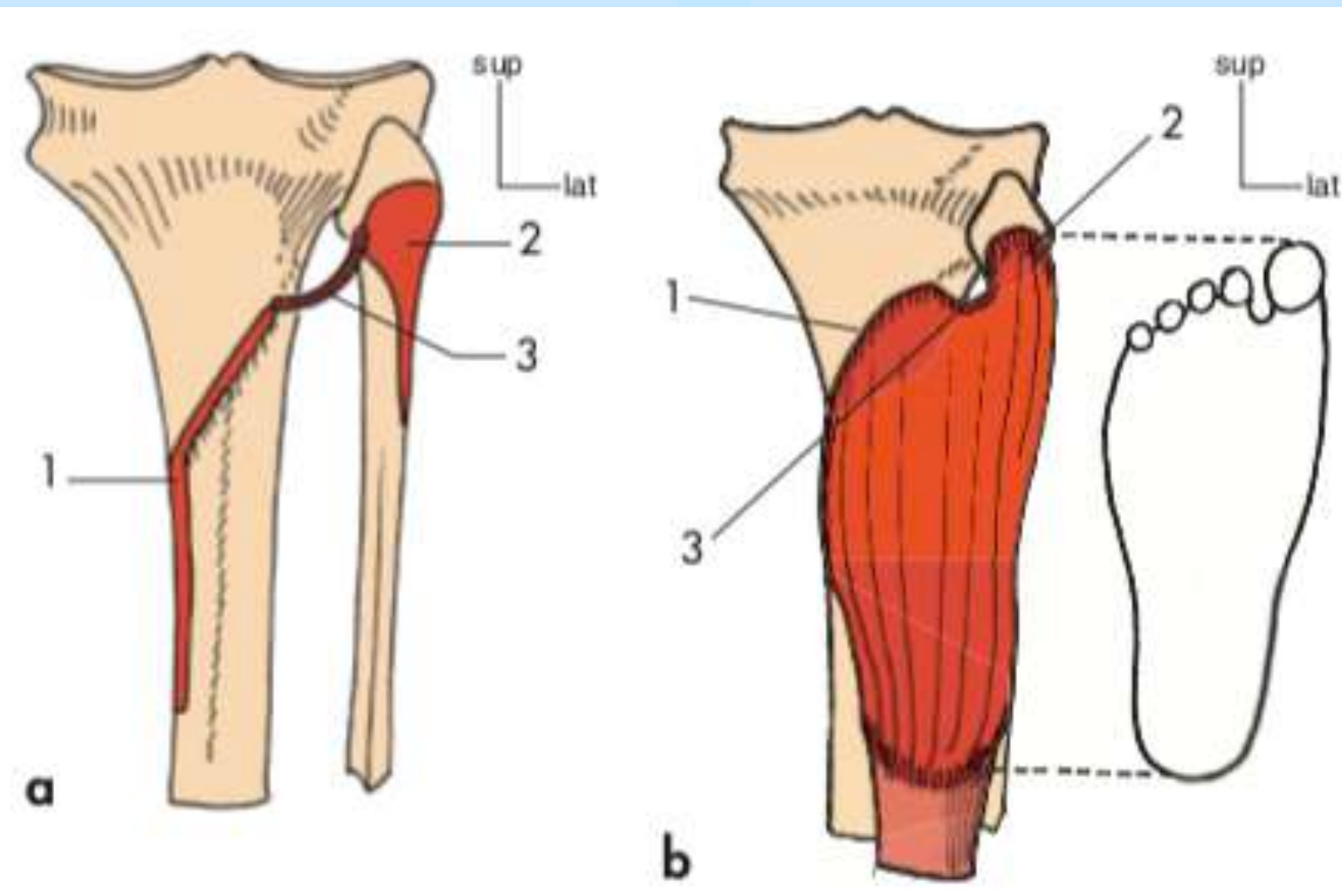


6.4 (a) The two-element Hill model of the active muscle (Hill, 1938).
(b) Exemplary extension of the model to four elements (Hatze, 1977).
CE describes the contractile element, SE the series elastic element, PE the parallel elastic element, and VD is the viscous damping element.

(b)

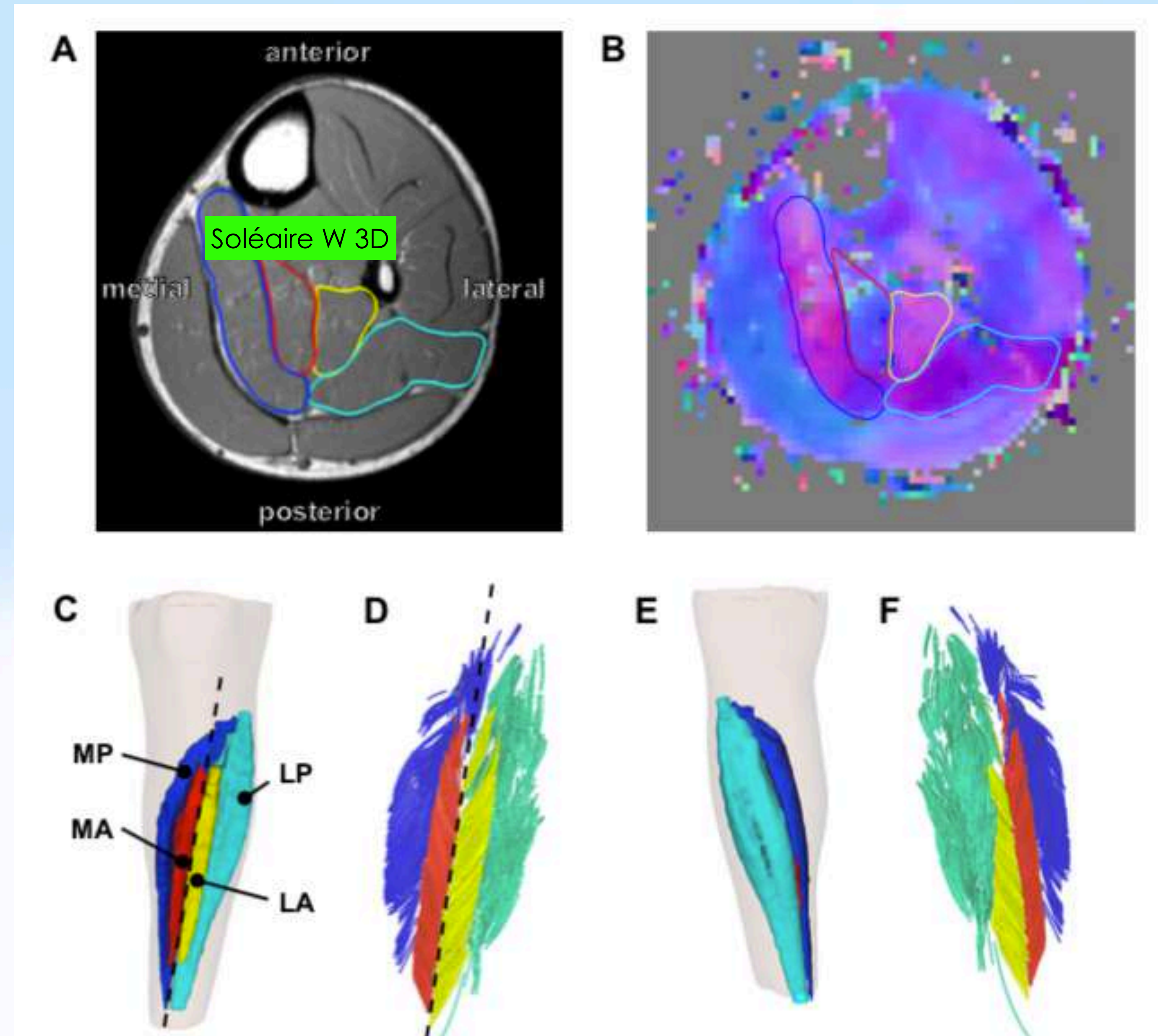


ANATOMIE SOLEAIRE



à 4 faisceaux

SOLEAIRE
= 6 à 8 fois le Poids du corps - Traction postérieure sur cala et freinateur de la flex du genou



PROCESSUS D'EXAMEN CONTEXTE ACCES DIRECT

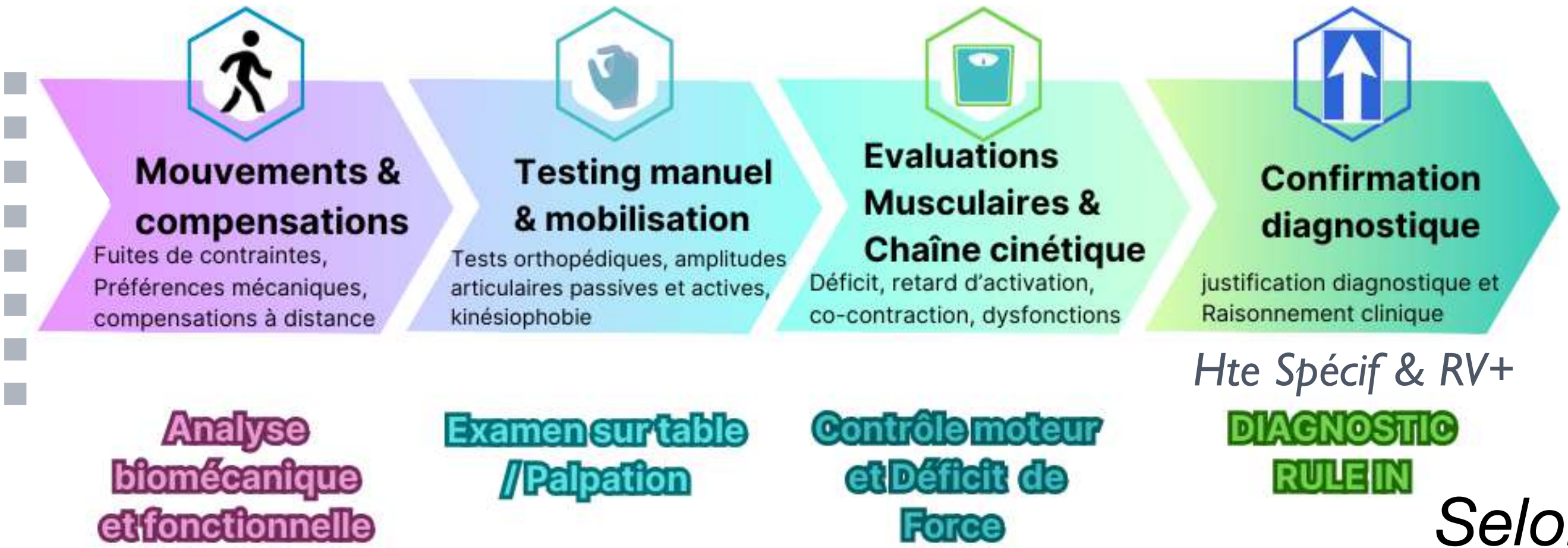
Ière partie



Si ok => 2ème partie



OBJ=RULE IN



Selon Dr Chad COOK

A/ Généralités du Tendon

1/ Anatomie

Constitution:

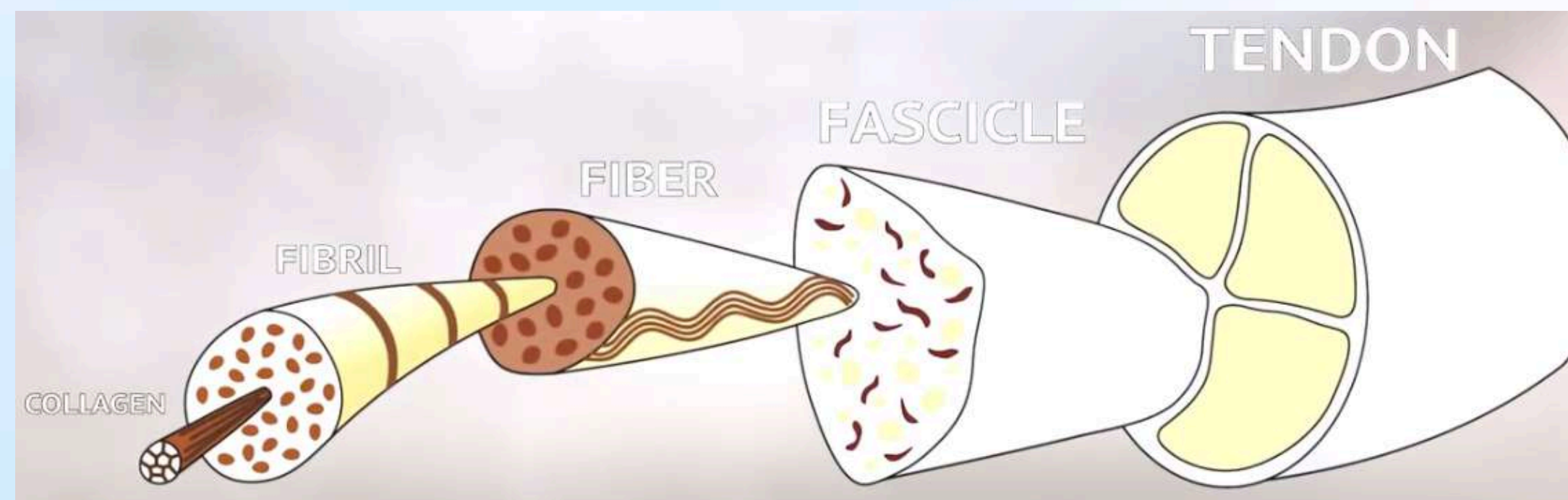
68% Matrice extra cellulaire (2/3 eau et 1/3 **ténocytes et ténoblastes**)

30% **Fibres collagène de type 1**

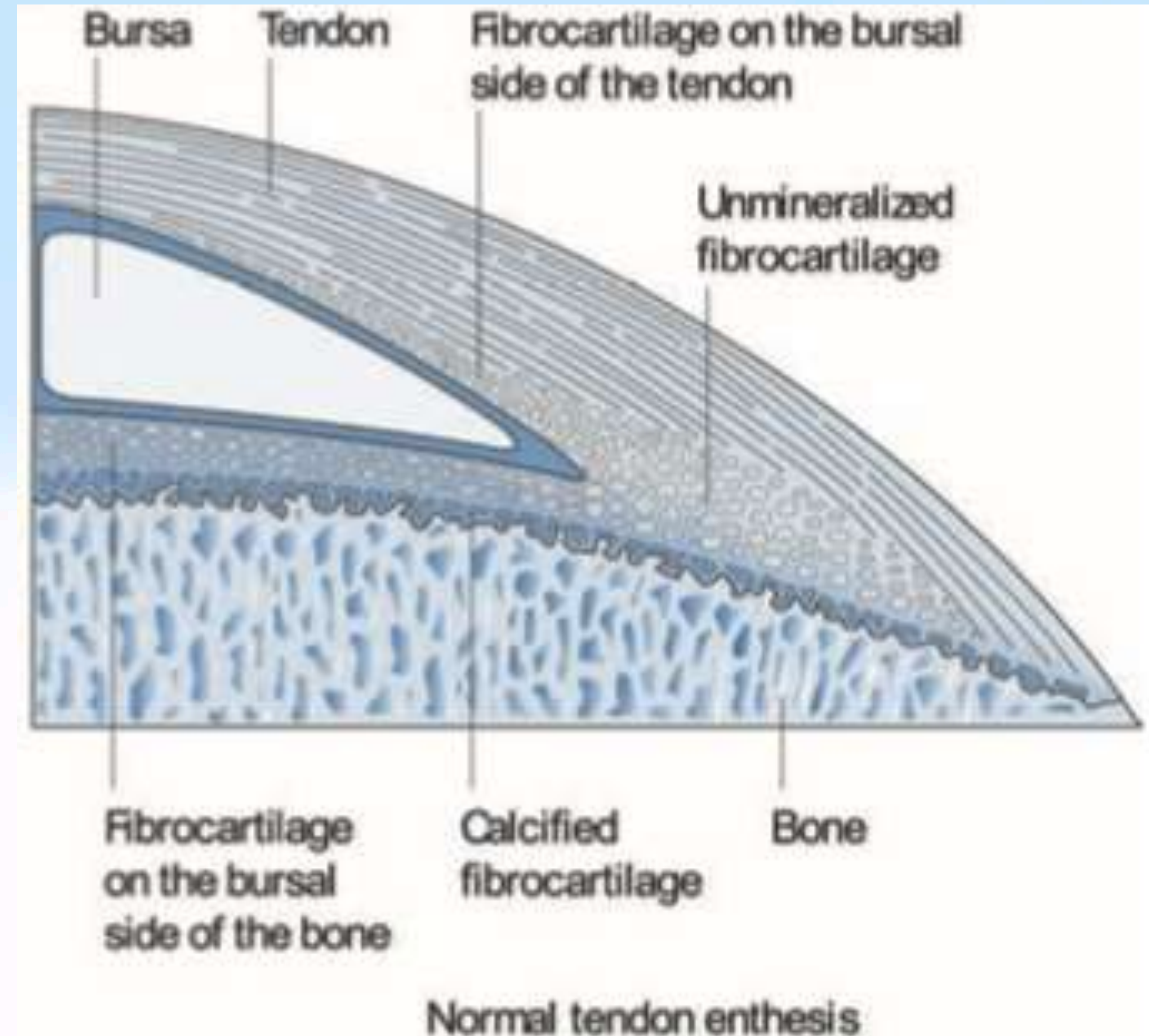
2% **Fibres élastiques**

- **Fibres parallèles**
- **Fibres spiroïdes**

ces dernières entourent et compriment les premières lors de l'étirement



**Contraintes
sont en étirement
et en
compression!**



2/ Définition

Tendinopathie du corps du tendon ou l'hyper-sollicitation du complexe musculo-tendineux

« Palpation d'une douleur localisée sur un tendon, associée à une raideur, et/ou un épaissement local et/ou un oedème local; corrélée à une perte de fonction et à une baisse de la tolérance à l'exercice dans les activités quotidiennes ou sportives »

De Vos 2021 - Millar 2021

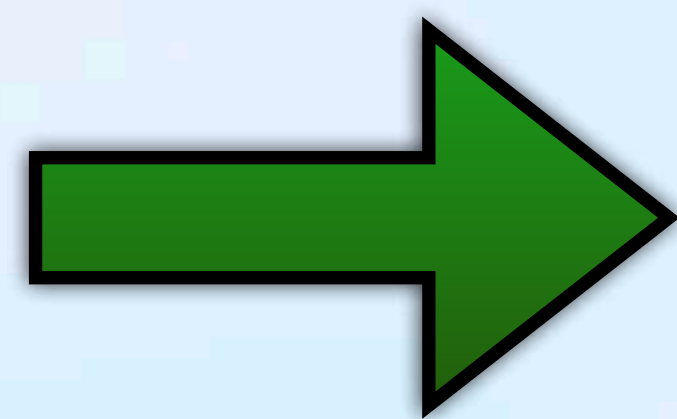
**Cicatrisation: fragment des fibres de collagènes
Augmentation de la synthèse (Collagène de type 3, protéoglycanes)
néo-vascularisation
néo innervation**

3/ Les 3 Phases **TENDINOPATHIE**

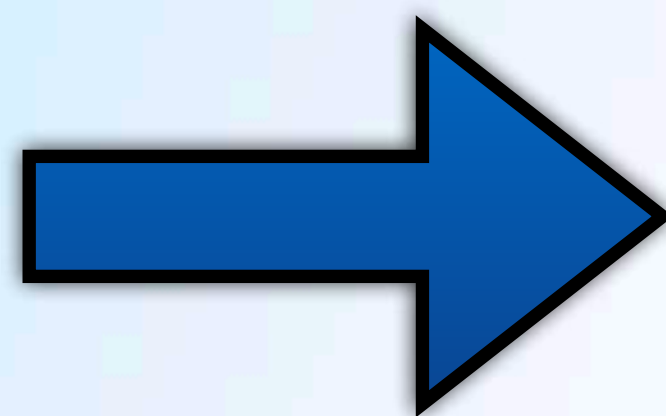
1ère phase: **TENDON RÉACTIF**

-épaississement pr absorber contraintes

-aucun oedème



**Soins, Repos,
Modification de la
mise en charge,**



**TENDON
NORMAL**

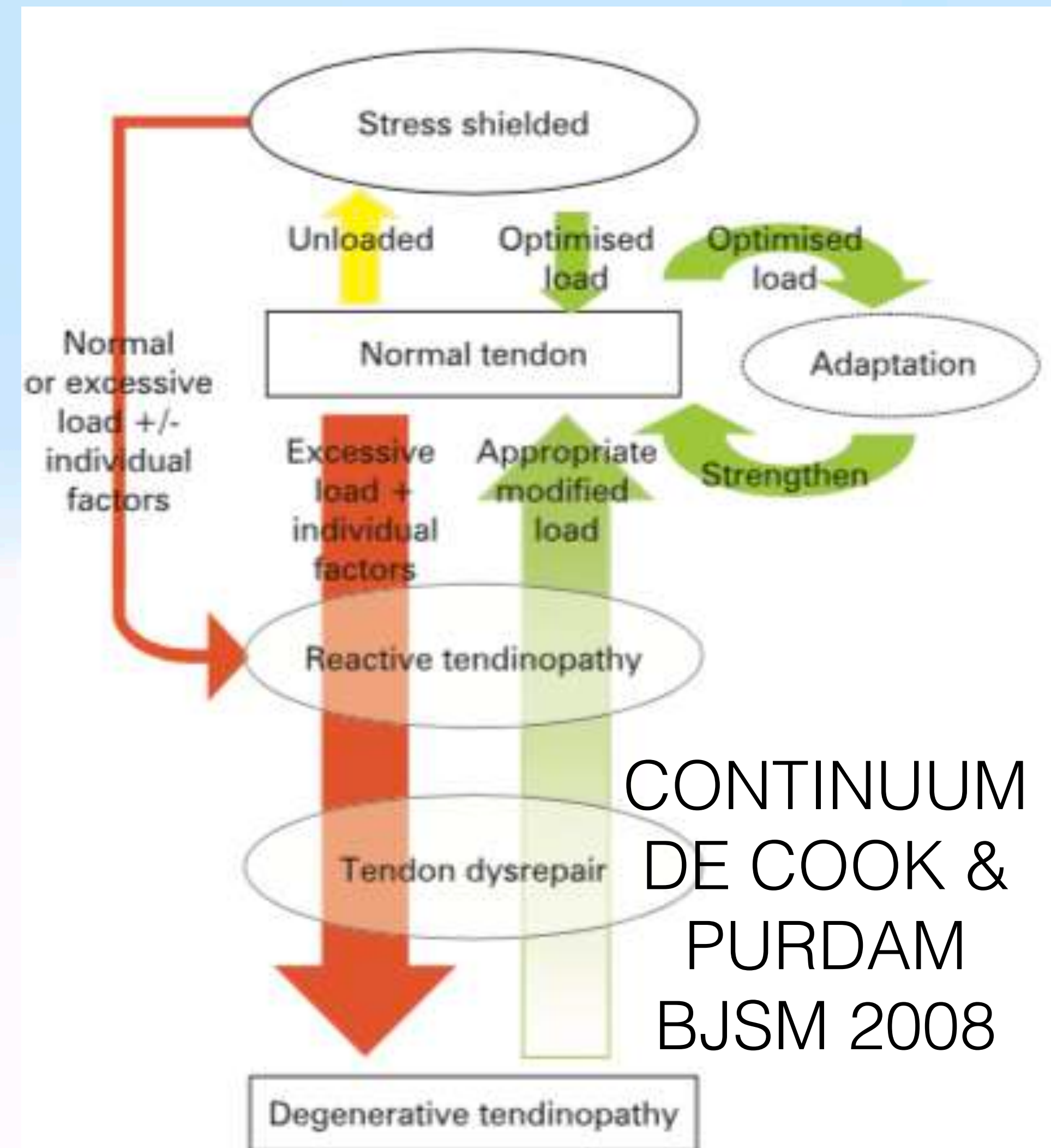


Figure 1 Pathology continuum; this model embraces the transition

TENDINOPATHIE

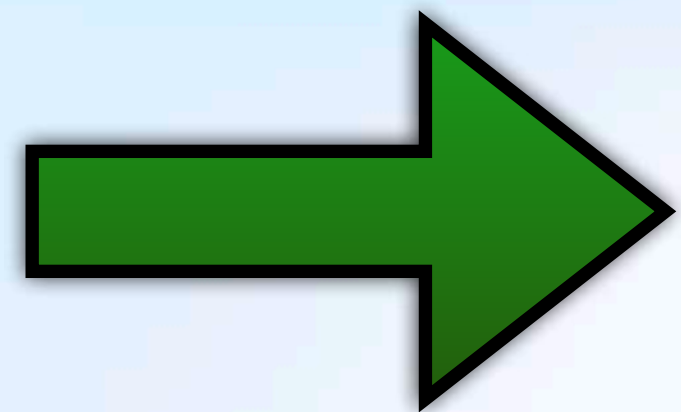
1ère phase: TENDON RÉACTIF

2ème phase: TENDON REMANIÉ

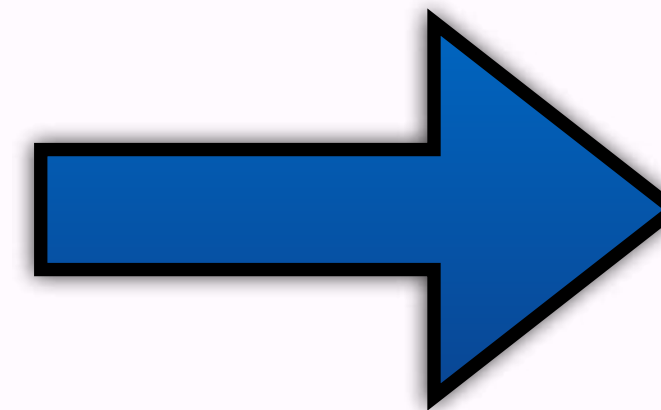
-Oedème

-Douleur à palpation aiguë, enraidissement

CONTINUUM
DE COOK &
PURDAM
BJSM 2008



**Soins, Repos,
Modification de la
mise en charge,**



**TENDON
NORMAL**

TENDINOPATHIE

CONTINUUM
DE COOK &
PURDAM
BJSM 2008

1ère phase: TENDON RÉACTIF

2ème phase: TENDON REMANIÉ

3ème phase: TENDON DÉGÉNÉRATIF

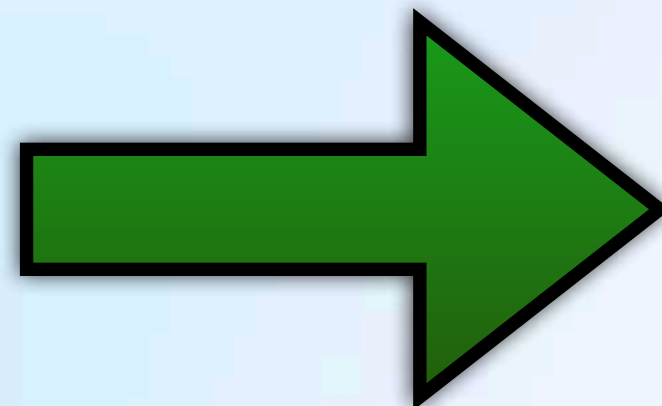
- Oedème

- Lésion chronique

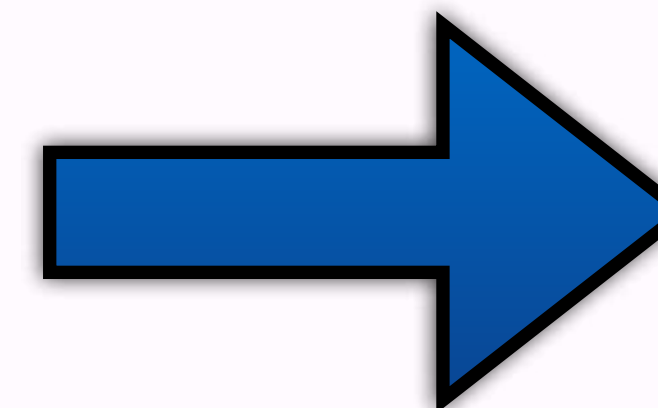
- lésions cellulaires, troubles de la matrice



**RISQUE DE
RUPTURE**



**Augmenter l'activité cellulaire,
Soins, Risque de ne pas pouvoir
reprendre au niveau antérieur**



**TENDON
NORMAL**

4/ Diagnostic différentiel: Ex tendinopathie d'Achille corporeale

PROMs: Patient related Outcome Measures

- Questions interactives pr infirmer nos hypothèses tout en éliminant les diagnostics différentiels complexes (stress mécaniques positionnels? posturaux / travail? Technopathies?) & Lister Chronologie des faits/atcd
- Sur table: Testings fonctionnel & clinique à prioriser

Diag Diff = TRIAGE

- Questionnaire pr exclure drapeaux rouges: Cancer (= RX genou ou écho tendons), Cardio-vasculaire / Diabète (= dlr tendineuse chronique post Tt =latrogènes), latrogène post TT Epilepsie ou Fluoroquinolone, Rhumato (Rhum. infl. ex=SPA), Neuro dégénératif (affaissement des pieds = CLE/Synd. Queue cheval)

Victorian Institute of Sport of Australia - Achilles VISA-A

Score /100

<https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/172044/2/Questionnaire%20VISA-A-F.pdf>



VISA-A-F



1. Lorsque vous vous levez le matin, durant combien de minutes présentez-vous une raideur au niveau du tendon d'Achille?

100 min

0 min

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

2. Après échauffement matinal, ressentez-vous des douleurs lorsque vous effectuez l'étirement complet du tendon d'Achille (en étant sur le bord d'une marche avec le genou en extension) ?

Douleur extrême

Pas de douleur

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

3. Après avoir marché sur sol plat pendant 30 minutes, ressentez-vous des douleurs au cours des 2 heures suivantes ? (Si vous en êtes incapable à cause de la douleur, indiquez un score de 0 pour cette question).

Douleur extrême

Pas de douleur

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

4. Ressentez-vous des douleurs quand vous descendez les escaliers (avec un cycle de marche normal) ?

Douleur extrême

Pas de douleur

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

5. Ressentez-vous des douleurs pendant ou immédiatement après vous être mis 10 fois sur la pointe d'un pied (sur une surface plate) ?

Douleur extrême

Pas de douleur

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

6. Combien de sauts unipodaux (sur une jambe) pouvez-vous accomplir sans ressentir de douleur ?

0

10

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

VISA-A

7. Pratiquez-vous actuellement un sport ou une autre activité physique ?

0	Pas du tout
4	Entraînement/compétition modifié
7	Entraînement/compétition complet mais à un niveau différent (inférieur) de celui qui a vu les symptômes apparaître
10	Entraînement/compétition à un niveau identique ou supérieur de celui qui a vu les symptômes apparaître

VISA-A

8. Complétez uniquement A, B ou C pour cette question :

- Si vous ne ressentez aucune douleur pendant la pratique sportive, veuillez compléter uniquement la Q8A.
- Si vous ressentez une douleur pendant la pratique sportive mais qu'elle ne vous empêche pas de poursuivre celles-ci, veuillez compléter uniquement la Q8B.
- Si vous ressentez une douleur qui vous empêche de poursuivre l'activité sportive, veuillez compléter uniquement la Q8C.

Q8A) Si vous ne ressentez aucune douleur pendant la pratique sportive, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

0 min	1-10 min	11-20 min	21-30 min	>30 min
0	7	14	21	30

Q8B) Si vous ressentez une douleur pendant la pratique sportive mais qu'elle ne vous empêche pas de poursuivre celle-ci, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

0 min	1-10 min	11-20 min	21-30 min	>30 min
0	4	10	14	20

Q8C) Si vous ressentez une douleur qui vous empêche de poursuivre l'activité sportive, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer ?

0 min	1-10 min	11-20 min	21-30 min	>30 min
0	2	5	7	10

Score total : /100

Diagnostic différentiel de Tendinopathie achilléenne corporeale

Achilles tendon	
Posterior impingement	Palpation
Bursitis	Passive plantarflexion test for posterior impingement
Referred pain	= Test du Carrefour post: procubitus avec percussion sur calcanéum en flex plantaire max
Seronegative arthritis	
Enthesitis	

Tendon Plantaire (palpation dlr face médiale, parfois glissement)

Diagnostic de la Tendinopathie achilléenne

9 critères ICON 2019	Description / exemple
Evaluation globale	échelle de 0 (insupportable) à 100% (aucun pb)
dlr durant activité ou mise en charge	EVA
Participation	Stegner-Lyshom (cf chir LCA)
Fonction	Impact sur sa fonction
Facteurs Psychologique	appréhension, kinésiophobie, catastrophisme PCS FR
Handicap	VISA-A FR faible à 24 - ok à 50/80 - 90 rare
Capacité fonctionnelle	Single leg raise
Qualité de vie	EQ-5D (0 pire santé imaginable ;100=au top)
Dlr durant moment spécifique	EVA

BJSM 2019 ICON 2019 International scientific tendinopathy symposium consensus: There are nine core health-related domains for tendinopathy (CORE DOMAINS): Delphi Study of Healthcare professionals and patients VICENZINO ALFREDSON BAHR COOK & AL

5/ Confirmation du Diagnostic de Tendinopathie achilléenne corporeale

Table 1 Tests to aid in the diagnosis of tendinopathy	
Diagnostic test	Description
<i>Achilles tendinopathy</i>	
Palpation	Patient complaining of pain on palpation
Single leg heel raise	Patient complaining of pain on either upward or downward movement
Hop test	Patient complaining of pain in the mid-Achilles tendon during exercise

Dlr
Oedème
raideur
Crépitacion très spécifique ++

single leg heel raise:

Monter et descente en
pointe de pied sur le pied
affecté - Positif si dlr
(montée ou descente)

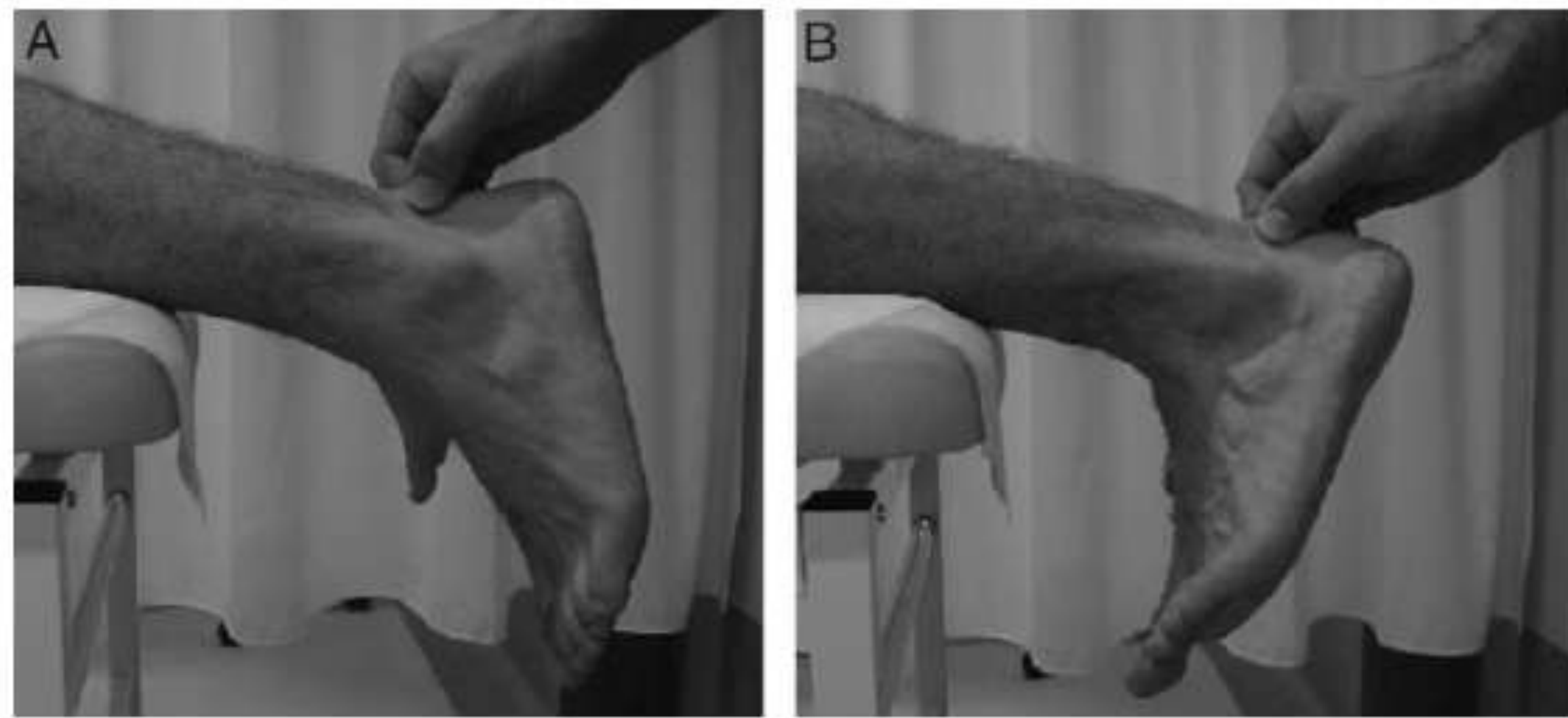
hop test:

Sauter par dessus une
ligne au sol
positif si dlr à l'exercice

Confirmation du Diagnostic de Tendinopathie achilléenne

Royal London
Hospital test

Tenderness on palpation decreases substantially or disappears completely with
maximal ankle dorsiflexion
très spécifique ++



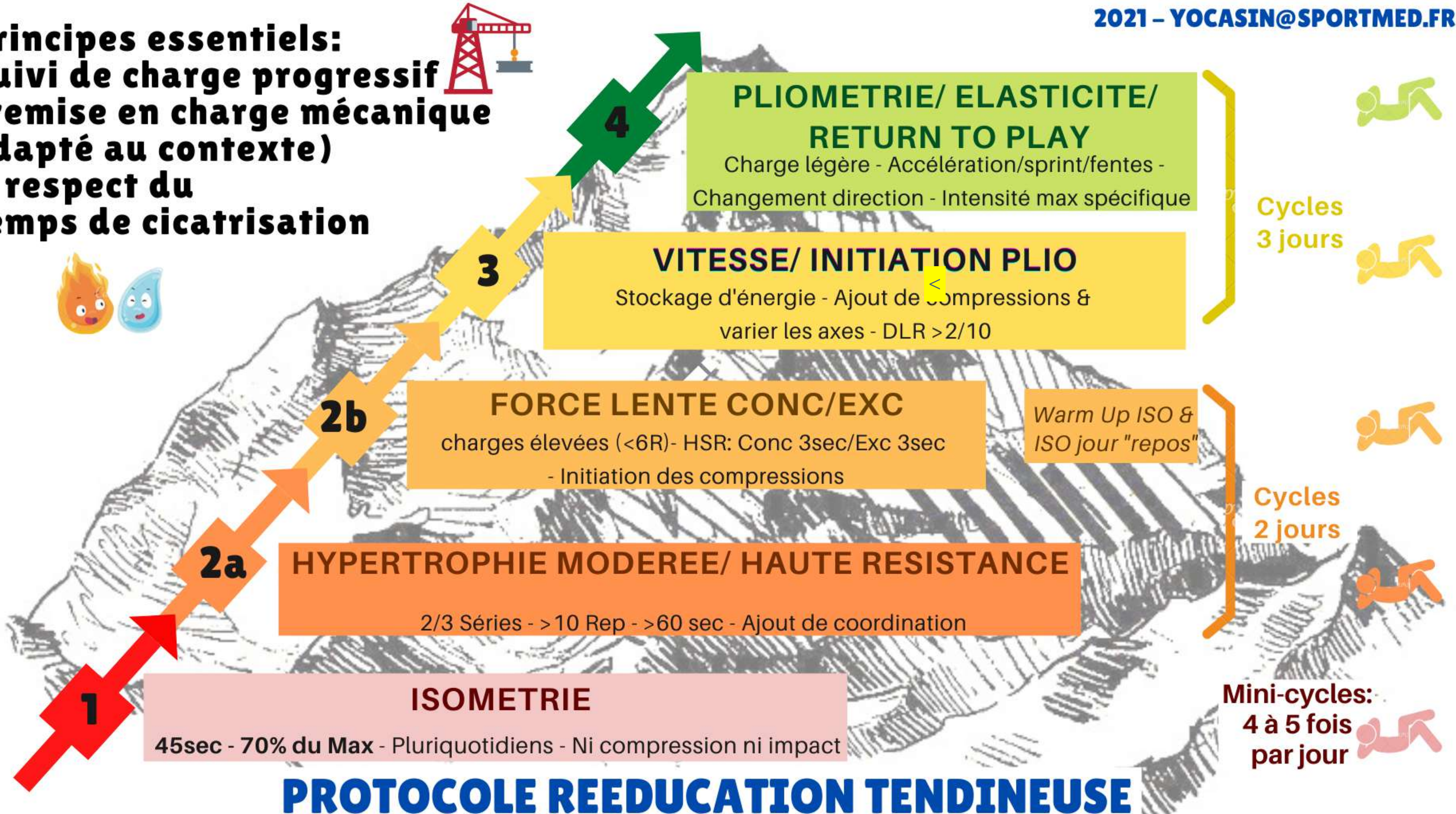
*JAT 2014 The Utility
of Clinical Measures
for the Diagnosis of
Achilles Tendon
Injuries/ A Systematic
Review With Meta-
Analysis REIMAN &
AI*

**Royal London Hospital Test: Palpation de la portion
moyenne du tendon (procubitus/chev au repos), une
fois une zone douloureuse trouvée, demander une
dorsiflexion max et re-palper cette zone:
Positif si dlr disparaît**

6/ Rééd & principe remise en charge

2021 – YOCASIN@SPORTMED.FR

Principes essentiels:
Suivi de charge progressif
(remise en charge mécanique
adapté au contexte)
& respect du
temps de cicatrisation



PROTOCOLS Heavy Slow Resistance

Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19(6):790-802

Kongsgaard M, Qvortrup K, Larsen J, et al. Fibril morphology and tendon mechanical properties in patellar tendinopathy: effects of heavy slow resistance training. *Am J Sports Med*. 2010;38(4):749- 756

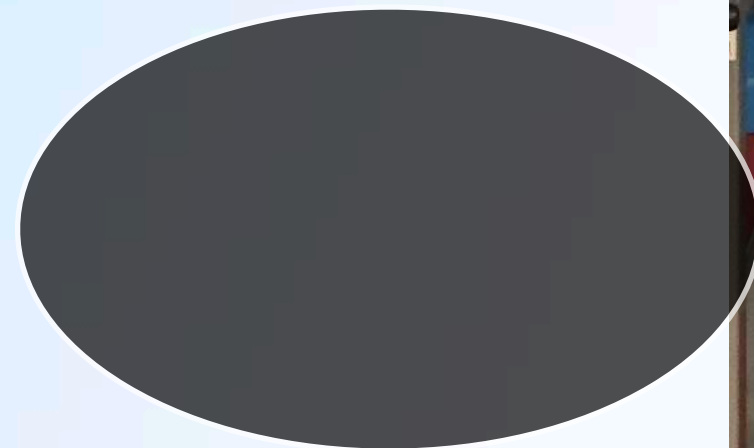
Sem 1: 3X15 RM
Sem 2/3: 3X12 RM
Sem 4/5: 4X10 RM
Sem 6/8: 4X8 RM
Sem 9/12: 4X6 RM

Au club de fitness - 3X/sem
3 exercices Bipodaux

3/4 séries de 15 reps de 6 sec (repos entre
série de 2/3min - 5 min entre exercices)
1 série Genou Tendu puis idem fléchi

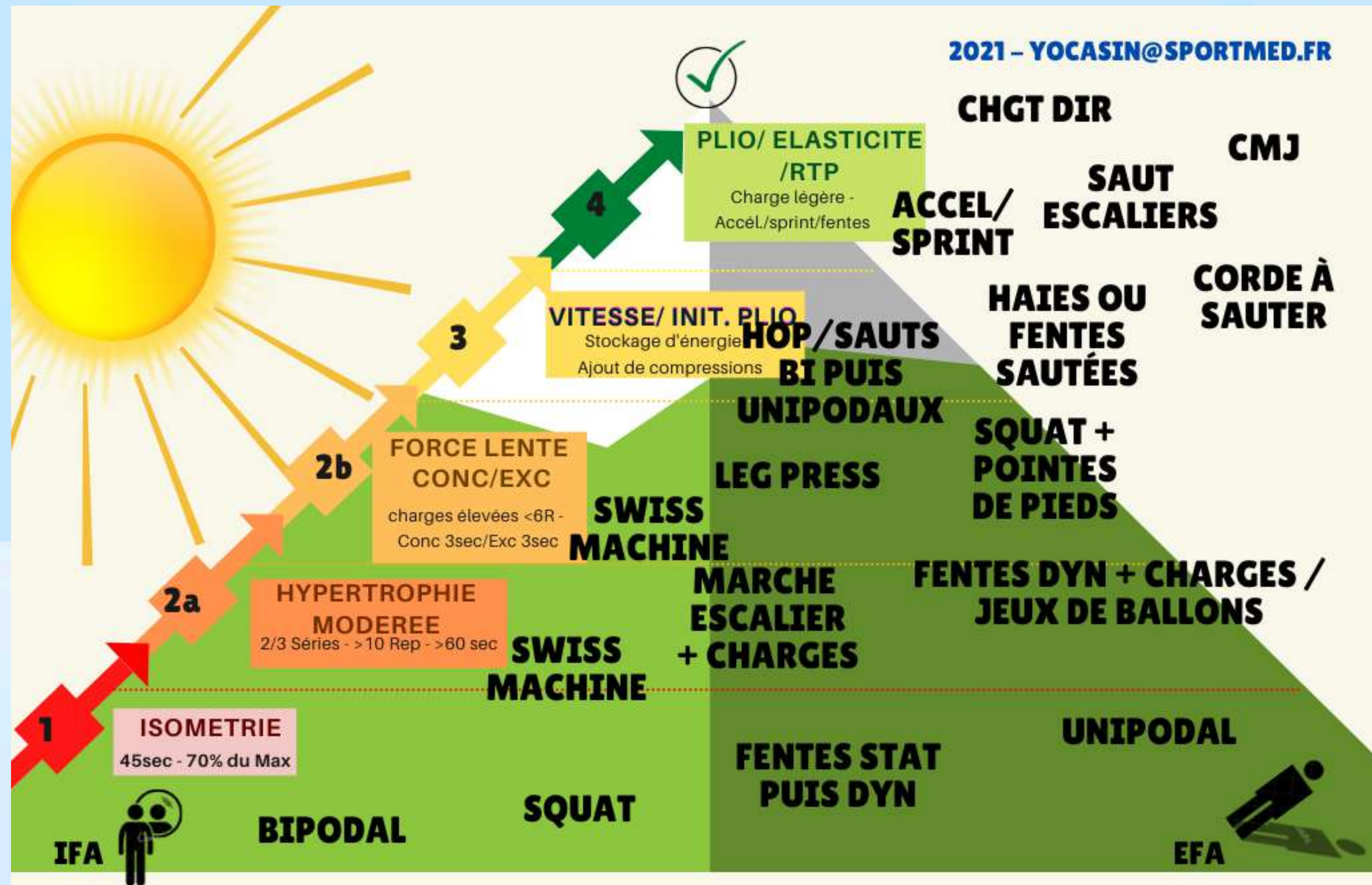


1



3



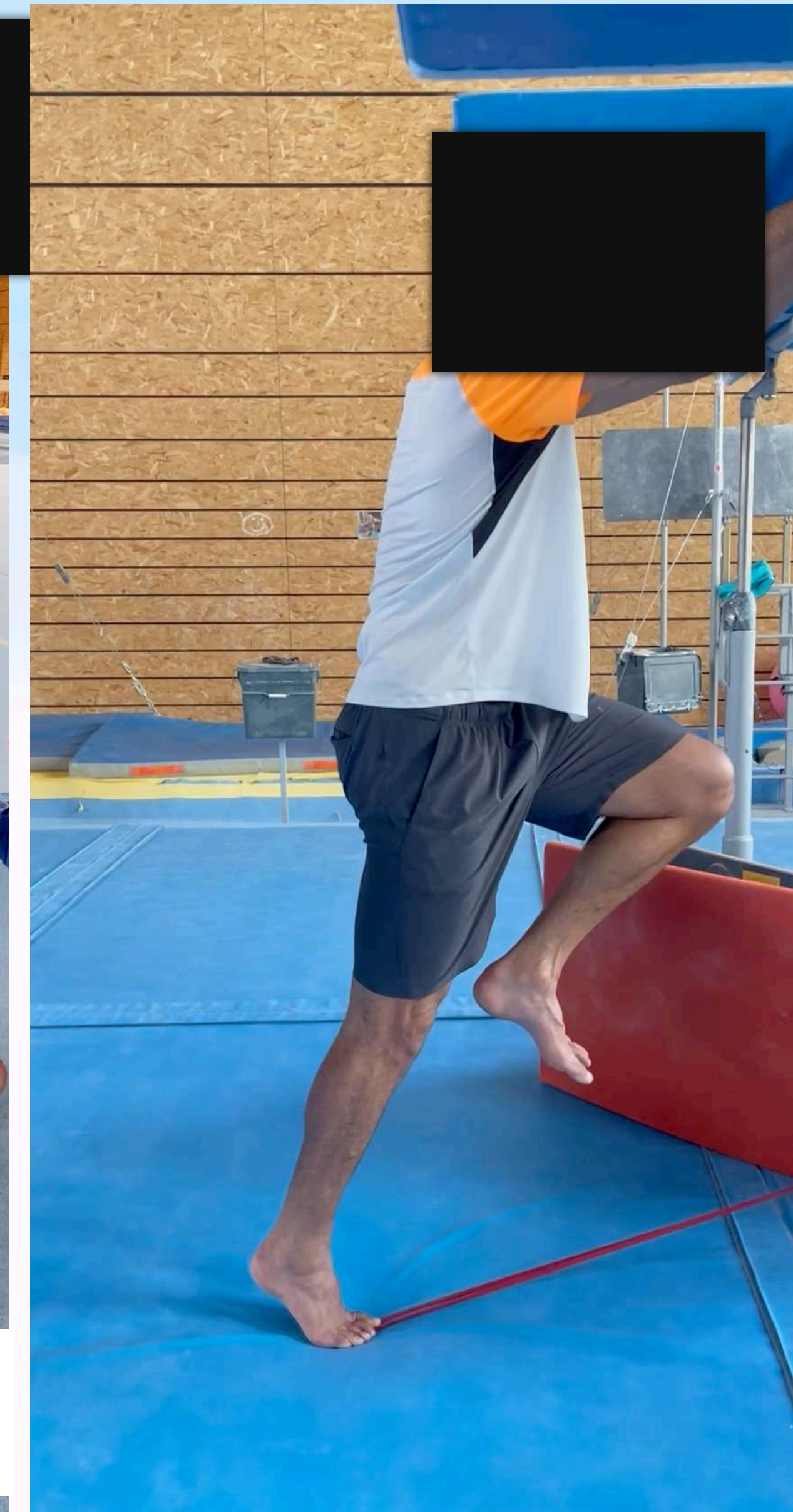
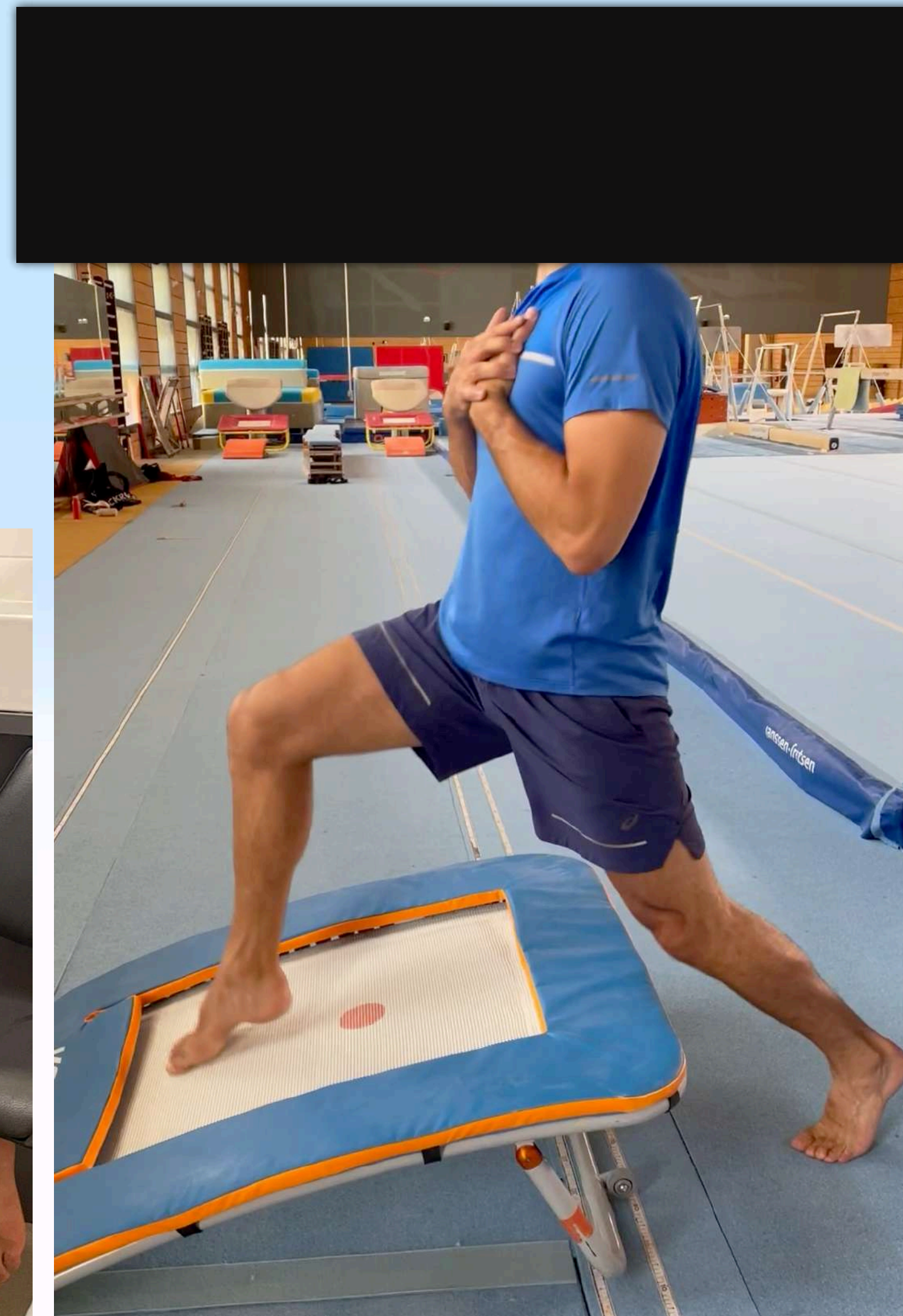


REEDUCATION DU TENDON D'ACHILLE

B/ Remise en charge et contraintes des tissus Ex insertion d'ACHILLE HANDBALLEUR

**Prévenir les compressions +++ =
ne pas descendre sous le niveau
d'une marche et pas de flex dorsale
max**

Rééd Handballeur pro



45sec

⚠ Travail axial puis multi axial!



30 ans droitier

Asymétrie longueur (pied G plus long) et largeur de pied (pied D plus large)

2 déformations osseuses:

-Base m1 D liée au chaussage cette année attention car défaut mise en charge ou alors chaussures trop étroites

-articulation cuboïde/talus en externe à proximité du sinus du tarse.

G:

2013 chir tendon rotulien (nécrose apex)

Chir carrefour post G

2015 puis séquelles anesthésiques sur spi et spe avec steppage durant 6 mois à cause du bloc en local (aine).

Fracture de fatigue naviculaire 2017

D:

2013 Morton m3/m4 (semelles

Hd

2019

Avec atteinte releveurs et moyen fessier D uniquement

Td Achille D

Releveurs 4/5 a D va 5/5 à G

Tibial post 4,5/5 D vs 5/5 a g

LFH 5/5 a D va 4,5/5 à G

Instabilité cuboïdienne D (craquement à chaque circumduction)

Sensibilité plaques plantaires 2/3/4eme orteils d (vs rien à G)

Dorso lombaire un peu toniques

Carrés des lombes ok bilatéralement à la palpation

Gd Fessier faisceau iliaque infra crête et piriformis

Rectus femoris très tendu à G limitant anormalement la flexion active de hanche (inhibition psoas)) -15degres par rapport à D (attention aux séquelles sur le dos et le disque et la récupération droite altérée!)

Déficit d’extension active de hanche D /G

Déficit de force gd fessier dans l’axe et en rot externe

ASymétrie en force avec dominance ischios externes / internes. Attention à impact sur le pied!

Quad symétriques

Déficit force psoas G (d’où la compensation avec rectus femoris?)

BILAN

Fadir ++ a G

Fadir + a D

Test Thomas positif bilatéralement

TFL G plus tendu avec plus d’abd

Nerf fémoral sensible

Gd Fessier D en course interne combiné à psoas G en course interne (ex franchissement de haie avec bras levés)

Slump test plus de tensions G qu’à Droite

Swiss machine à la salle de muscu

Protocole d’échauffement:

1/ conflit hanche G: moyen fessier (en bilatéral mais surtout à g) et psoas G en course interne dans l’axe

Stretch rectus femoris (à plat ventre sur table kiné avec élastique sur pied)

Abs originals (cf photo)

2/ activation gd fessier D: dans l’axe et en rot externe

Hip thrust sans aucun ischio (avec sangle, flexion max genoux, extension non maximale de hanche.

Fente avant pr travail de réception de course

3/ iso soleaire 45sec 5 reps et 2 min repos entre.

Pas d’étirement max du mollet

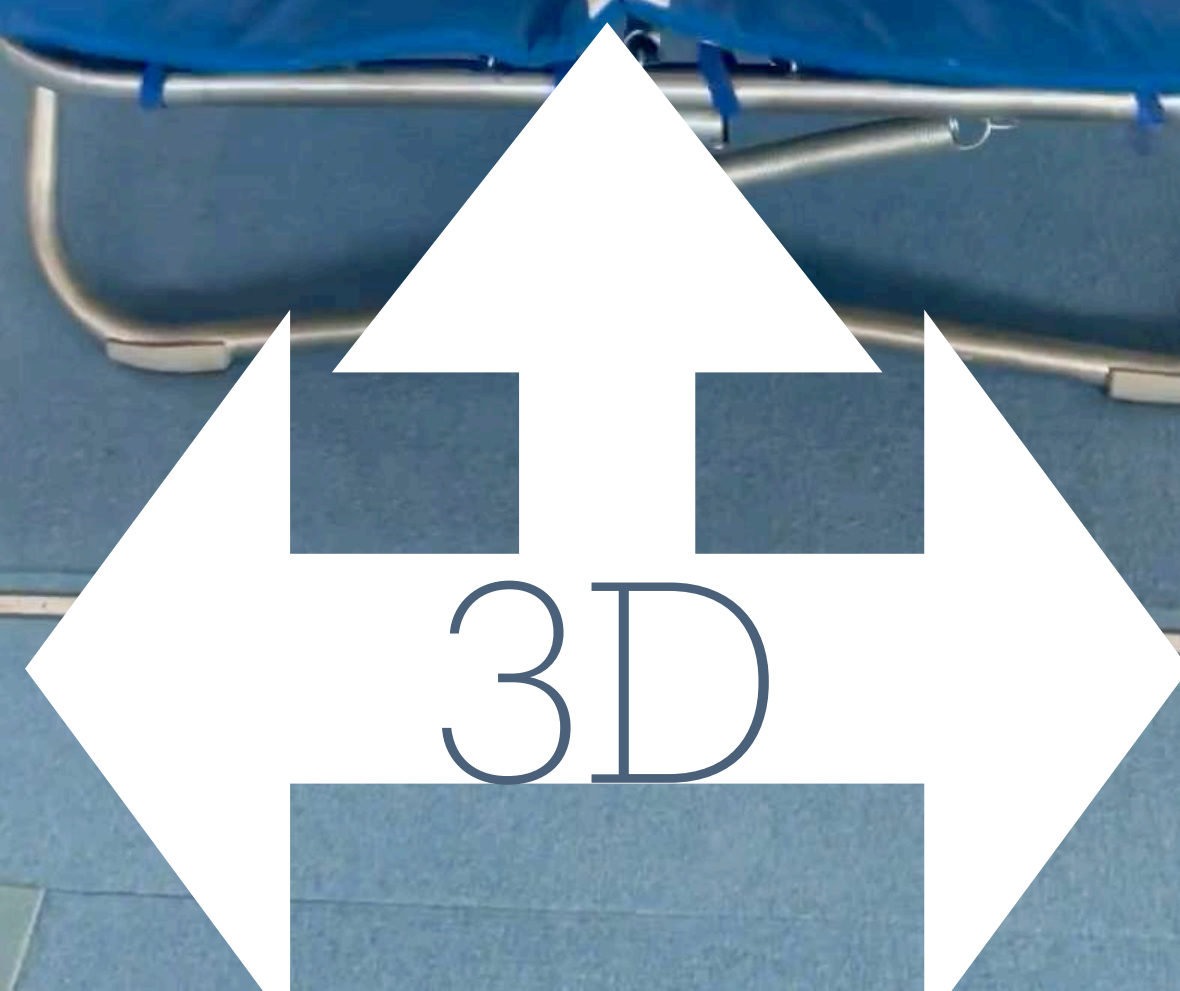
Pas de position inconfortable pour le Morton

Diag/ciblage stratégies de rééducation:

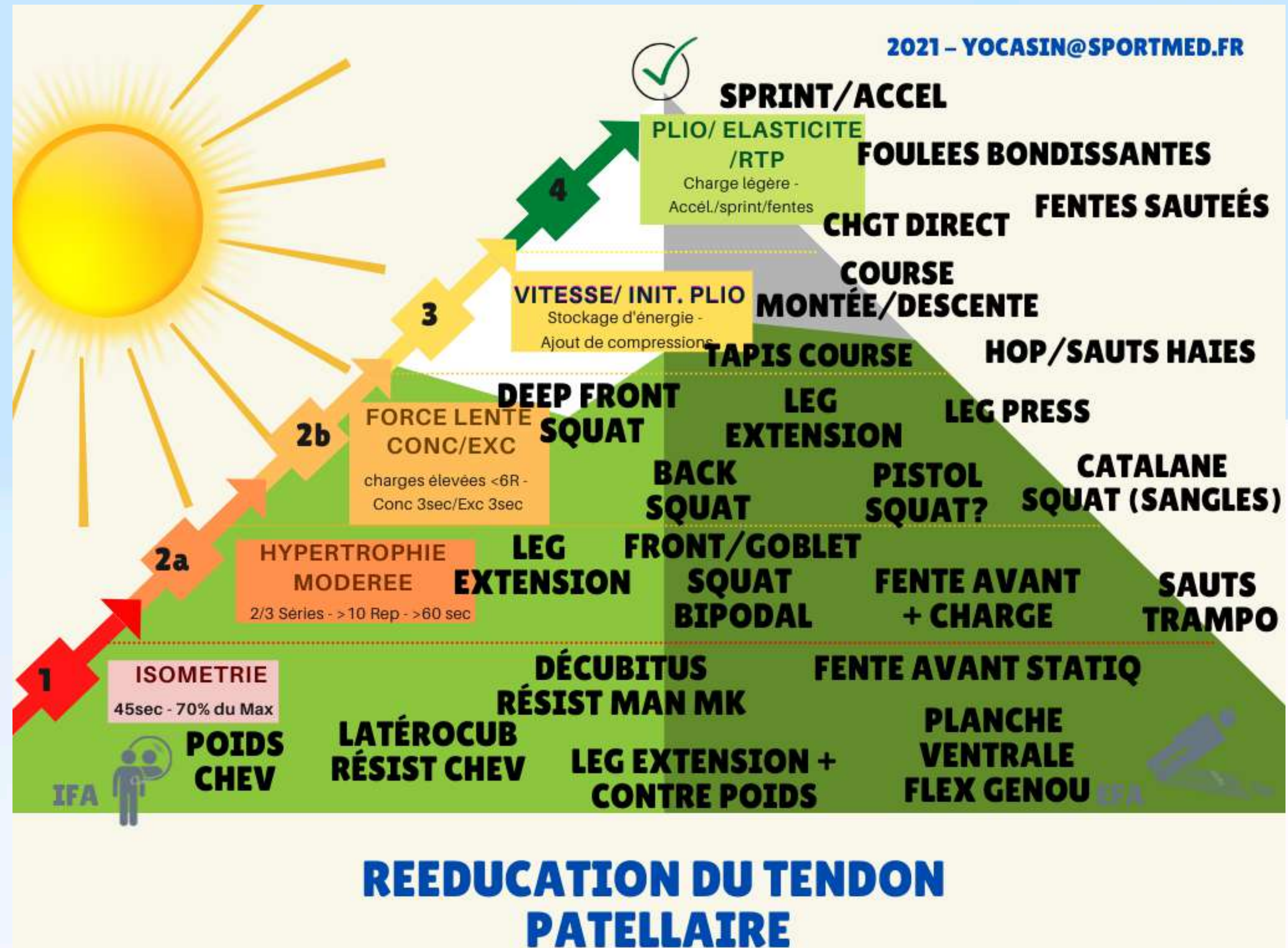
1-Potentielle souffrance discale chronique (non objectivée à froid) Sequellaire à une asymétrie de tonus musculaire sur les 2 droits antérieurs et deficit de force psoas (prédominante a gauche, peut être depuis tendinopathie et chir TDr en 2013?)

2-Déficit de force fonctionnelle et de coordination entre grand fessier droit et psoas gauche combiné à un manque de stabilité /« ancrage » à l’appui sur le gros orteil droit (Morton et hallux court) plus récent probablement depuis Hernie discale 2019.

3-déficit de force releveurs D & tibial postD et instabilité du cuboïde D par Défaut de gainage au niveau du bassin et par la stratégie d’absorption non optimale résultante



C/ Cas Clinique: tendinopathie patellaire



Protocol Delaware University

<https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.udel.edu/dist/c/3448/files/2016/10/Patellar-Tendinopathy-Treatment-Protocol-21sjaim-yi2e4k.pdf>

Silbernagel:

Indicateur de douleur pour passer à l'étape suivante

Patellar Tendinopathy Rehabilitation Protocol			
Phase	Initiate when:	Treatment Ideas	Dosage and Progression:
<u>Phase I: Acute</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pain with isotonic loading is >5/10 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Isometric exercises: <ul style="list-style-type: none"> ○ Knee Extension between 30-60° ○ Spanish Squats between 45-90° ○ Wall Sits between 45-90° ▪ Address hip strength deficits as indicated ▪ Noxious stim protocol[^] ▪ NMES* to the quadriceps if QI<80% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Isometrics: 5x45" holds^{6,7} ▪ Perform daily if pain returns to baseline
<u>Phase II: Recovery</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pain with isotonic loading is <5/10 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Isotonic exercises <ul style="list-style-type: none"> ○ Knee Extension ○ Sit to Stands ▪ Heavy Slow Resistance (HSR) training⁸: <ul style="list-style-type: none"> ○ Leg Press ○ Squat ○ Hack Squat ▪ Continue hip strengthening, noxious stim and NMES as indicated 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ All exercises performed: bilaterally, every other day ▪ HSR: 3-4 sets, progress from 15 RM → 6RM, 90-0°, complete with 3 sec eccentric phase, 3 sec concentric phase ▪ Can continue Phase I exercises on off days
<u>Phase III: Rebuilding</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tolerating decline squat of involved limb with <5/10 pain 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Progress Phase II exercises ▪ Add: <ul style="list-style-type: none"> ○ Split Squat ○ Step-Downs (Lateral & Forward) ○ Isokinetics (concentric/eccentric) ▪ Decline Squat Program⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Progress Phase II exercises to eccentric (2 up, 1 down) then unilateral ▪ Progress 3x8 → 3x15 ▪ Decline Squat Program: 3x15, 1x/day
<u>Phase IV: Return to Activity</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tolerating load with plyometric activities that replicate training demands 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jump/Landing training ▪ Acceleration ▪ Deceleration ▪ Cutting ▪ Sport specific training 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Progressively increase volume and then intensity ▪ Progress through training drills then full competition

Modulation de l'intensité de la DOULEUR A L'EXERCICE < 3/10 (ou tolérée <5/10)

MONITORING PAIN AND LOAD RESPONSE

Pain during exercise
0 = no pain 10 = worse pain imaginable



Adapted from Thommeé (1997) and Silbernagel (2007)

Monitor symptom response for 24-48 hours post exercise
Pain should settle quickly post exercise with no increase in
symptoms or EMS the next day

*=> Suivi 48h après
exercice:*

*La douleur devrait
s'arrêter immédiatement
après l'exercice sans
aucune aggravation de
symptôme le lendemain*

Delaware Univ.



Decline Squat Test 1



Decline Squat Test 2



Spanish Squat Lateral



Spanish Squat Anterior

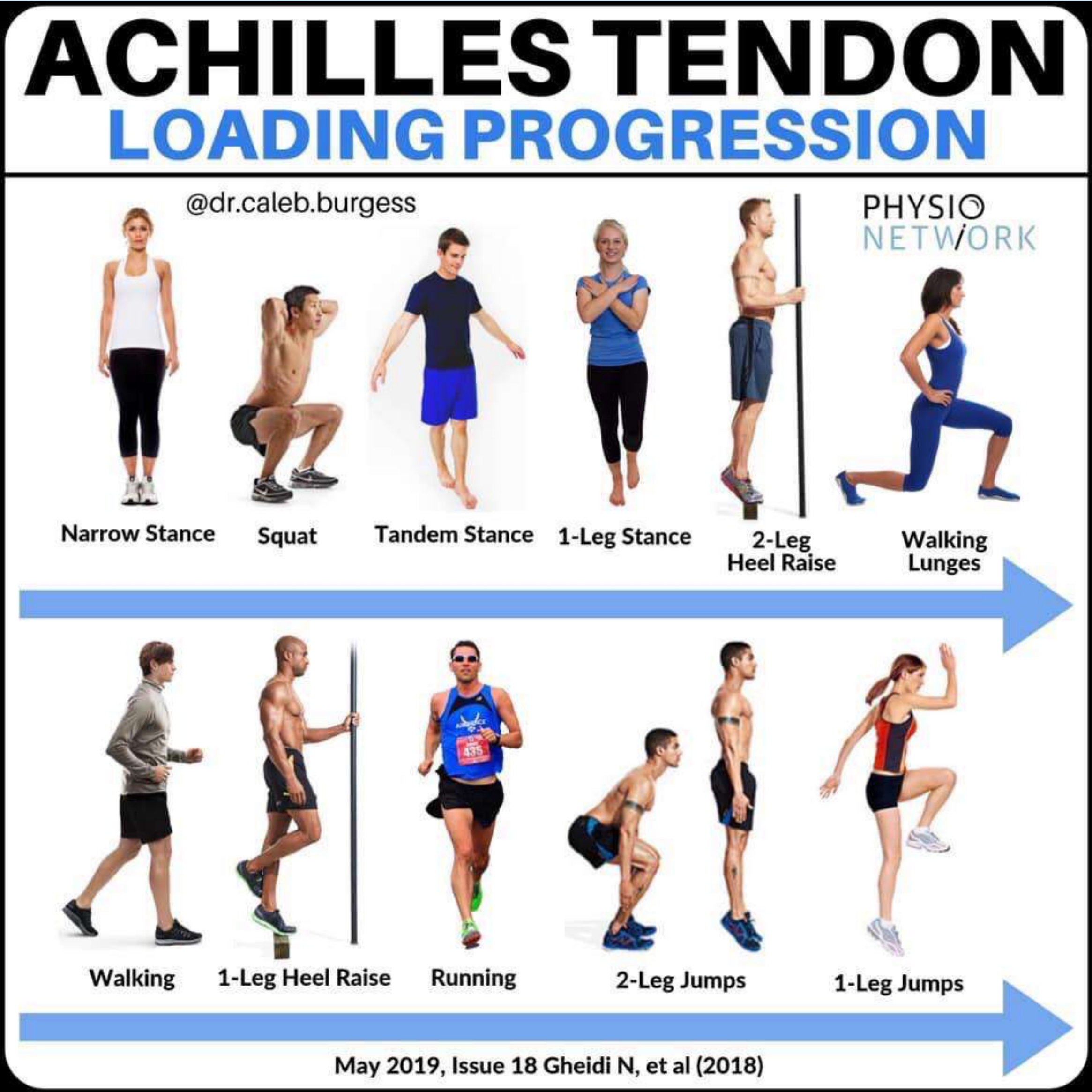


Hack Squat



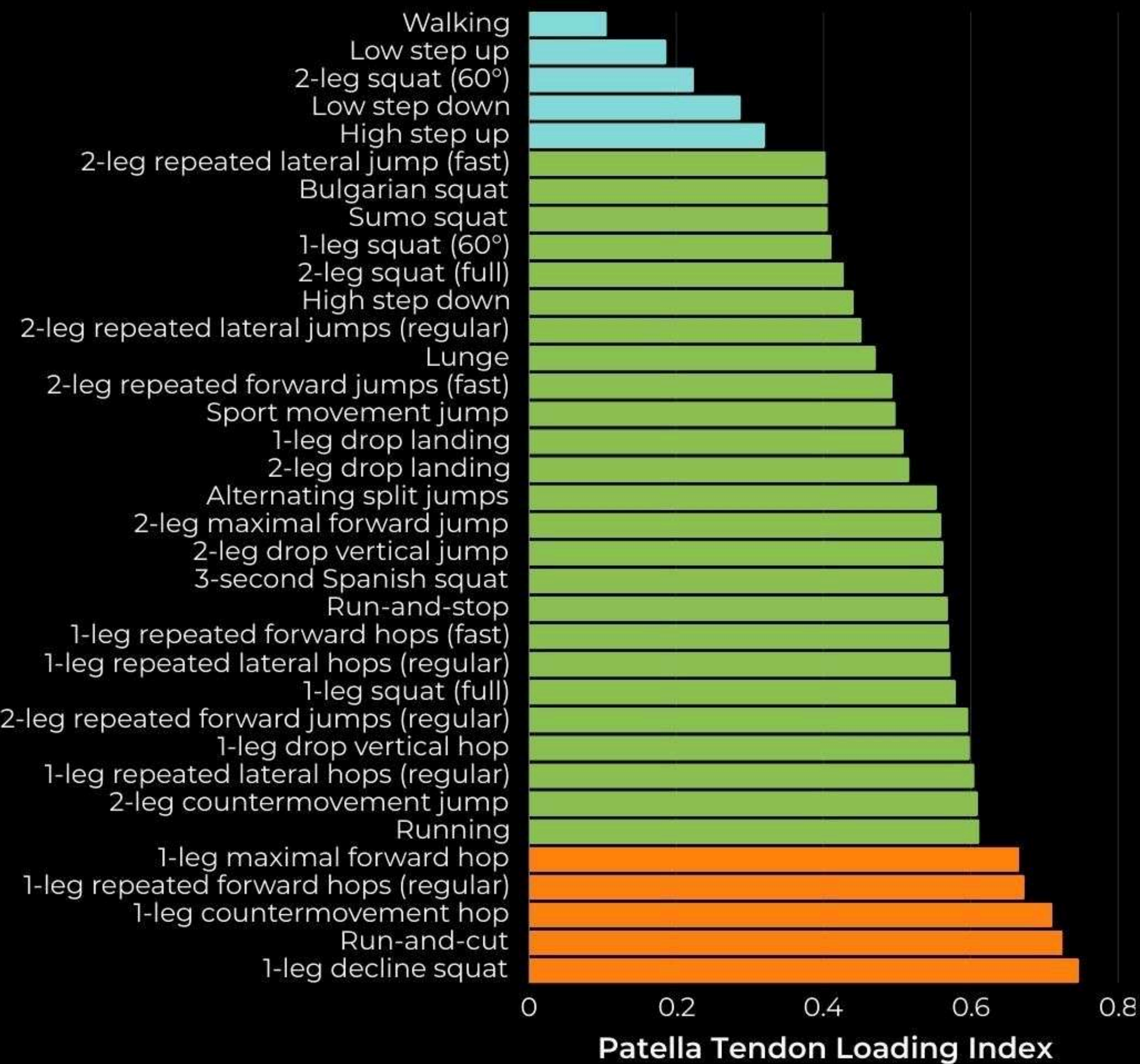
Hack Squat

Coordination & Progression



Patella tendon load progression during rehabilitation exercises

Patella tendon load progression during rehabilitation exercises: implications for the treatment of patella tendon injuries (Silva et al., 2023)



Points Clés

- Si W avec contraintes maximales: EXC>ISOMETRIQUE>CONC
- La proprioception baisse avec le temps (au profit de vision), donc on doit être plus exigeant avec les jeunes sportifs afin d'entretenir un bon schéma corporel (FNM+++) - Risque Rupture/âge
- **Rôle du Soléaire / tibia et intérêts sur la stabilisation des pied et genou (rôle préventif)**
- **Rôle du moyen fessier et d'une inclinaison du tronc sur la stabilisation du genou (rôle préventif entorse/tendon)**
- **Post R-LCA: Principes de Rééd/PEC (6 obj) chez un sportif de haut niveau**
- **Etirements et Progression axiale sont insuffisants pour recréer contraintes physiologiques 3D / tendon d'Achille**
- **Définitions Entorse et Tendinopathie selon Millar et 3 phases tendinopathie (continuum model)**
- **Redflags + diag différentiel pour chaque cas en préambule avant de tester la force et de rééduquer!!!**
- **CHEVILLE: Critères Ottawa et Risques Instabilité chronique de cheville**
- **IDEES D'EXOS pr les 5 grandes catégories de rééd des tendinopathie (Iso, Hypertrophie, Force, Vitesse, Plio)**

yocasin@sportmed.fr

« Offrez-moi un point d'ancrage et je vous ferai bouger la Terre... » Archimède

La thérapie active est la meilleure des stratégies pour que le tissu mou s'adapte sans cesse...: « Les mêmes causes intrinsèques provoqueront toujours les mêmes conséquences intrinsèques »

Préparez vous à bouger: « On ne rééduque les dysfonctions qu'en empêchant leur manifestation »

Rééduquons pour le mouvement, et non plus « par »

X 
@YothePhysYo